TECNOLOGIA BIM PER AL DISSENY ARQUITECTÒNIC

Autor: Eloi Coloma Picó
eloicoloma@practicaintegrada.com
Director: Joaquim Regot Marimón
Programa: Comunicació Visual en Arquitectura i Disseny
Departament: Expressió Gràfica Arquitectònica I
Universitat Politècnica de Catalunya

Amb el suport de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

v.20120630 Juny de 2012

Versió Electrònica a Color:
http://www.practicaintegrada.com/storage/tecnologiabim/TecnologiaBIM.pdf

Història de les versions:

v.20120630:
Substitució del terme *Construcció Eficaç* per el de *Construcció Eficient.*

v.20120112:
Petites correccions ortogràfiques.

v.20110520:
Unificació del terme *Prototipus*, el qual apareixia com a *Prototip* en alguns casos.
Increment de la nitidesa d'algunes imatges.
S'ha reescrit l'apartat 4.1.2.
S'han corregit alguns termes del glossari i se n'ha afegit alguns.
Altres correccions.

v.20110420:
Versió corregida ortogràficament seguint les observacions d'en Lluís Villanueva.
S'ha afegit l'historia de les versions.

v.20101031:
Versió impresa per a la lectura de la Tesi.
Perfeccionament de la maquetació.

v.20090917:
Versió impresa per a l'avaluació preliminar.

v.20090813:
Primera versió completament unificada i maquetada.

RESUM

Qualsevol edifici contemporani és el resultat d'un procés complex en el que intervenen múltiples actors. Promotors, arquitectes, enginyers, consultors, operaris, funcionaris de l'administració i molts altres han de contribuir amb la seva feina a que el projecte de construcció d'un immoble arribi a bon port i pugui respondre a les demandes cada cop més exigents dels futurs usuaris.

Per a poder estudiar les qüestions que han d'atendre, creen models basats en representacions que descriuen aspectes concrets de l'edifici. Cadascuna d'elles és independent de la resta perquè les eines que empren per a modelar-les no permeten relacionar-les, amb la qual cosa les dades amb que treballen tots els implicats acostumen a patir un cert grau d'incoherència i a descriure només una petita part de la complexitat de l'edifici. Per altra banda, la col·laboració entre les diverses parts resulta dificultosa perquè la coordinació de la informació que aporten s'ha de fer manualment.

Ambdues circumstàncies desemboquen en una falta de control generalitzada dels processos que generen els lliurables que fan possible la promoció, disseny, construcció i explotació d'un immoble, fet que contribueix a augmentar el risc que qualsevol operació edificatòria té per a qui hi participa.

La solució a aquest problema passa per canviar d'estratègia i emprar eines que permetin crear representacions paramètriques que descriguin els elements arquitectònics en funció de les característiques que els defineixen des d'una òptica multidisciplinar. El que es busca és modelar objectes que continguin informació coordinada, coherent i computable al llarg de tot el cicle de vida de l'edifici; des de la seva concepció al seu enderroc o reforma.

Actualment, el conjunt d'eines, tècniques i conceptes que permeten fer realitat aquest objectiu es coneix internacionalment com BIM; acrònim de Building Information Modeling (Modelat de la Informació de l'Edifici). Es tracta d'una tecnologia que porta desenvolupant-se des de fa més de trenta anys i que actualment està eclosionant gràcies a la conjunció d'una sèrie de factors socioeconòmics i tecnològics.

Malgrat tot, gran part dels avantatges de la Tecnologia BIM no es poden aprofitar si els implicats no tenen la voluntat de compartir el seu coneixement i participar en totes les fases del projecte. Amb els sistemes de contractació actuals, en els que les fases de licitació i legalització es porten a terme després de les de disseny, resulta impossible que els responsables dels projectes disposin de dades sobre els condicionants que acabaran restringint les seves possibilitats. Per altra banda, els implicats en la construcció d'un edifici acostumen a desconfiar dels dissenyadors perquè no disposen de tota la informació que necessiten i perquè no poden participar en processos el resultat dels quals els ateny directament.

La resposta està en una filosofia de treball anomenada Pràctica Integrada o Integrated Project Delivery, la qual comença per associar el contractista i els actors que en depenen amb els dissenyadors i els seus col·laboradors. Això permet augmentar l'eficiència de tots els processos, aconseguir millors dissenys i reduir els riscos, cosa que acaba reportant beneficis a tots els implicats, incloent el promotor. No obstant, tota aquesta col·laboració precisa d'una tecnologia instrumental adequada, que és el que precisament ofereix la Tecnologia BIM.

L'objectiu d'aquest treball de recerca és estudiar en profunditat els conceptes tecnològics i filosòfics de la Tecnologia BIM i avaluar la viabilitat de les seves aplicacions comercials, en especial les destinades al disseny arquitectònic, per tal de valorar la conveniència de la seva implementació en el nostre àmbit professional. L'ús de Tecnologia BIM implica un canvi de mentalitat radical, ja que promou l'abandonament de les tècniques de representació literal com a recurs creatiu en benefici d'estratègies més properes a la programació i a la representació objectiva de l'arquitectura.

AGRAÏMENTS

En primer lloc, vull donar les gràcies a en Lluís Villanueva, catedràtic del departament d'Expressió Gràfica de l'Escola Tècnica Superior de Barcelona, i al Vicerectorat de Recerca i Innovació de la UPC, per l'impuls que han donat als meus estudis de doctorat.

En l'àmbit acadèmic, agraeixo la col·laboració dels meus col·legues Andrés de Mesa, Javier Monedero i Joaquim Regot, que m'han assessorat al llarg de tot el procés i amb els que he pogut compartir tota mena d'experiències en el món de la docència.

En el context professional, dec molt als consultors Razvan Gheorghiu, Alex Vila i Roberto Molinos i, especialment, als CAD Managers Jordi Cunill i Miquel García, que tan amablement han atès les meves consultes i amb els que he pogut contrastar tantes impressions.

Des del punt de vista logístic, he de recordar la col·laboració de l'Albert Serra, en Jaime Franzi i en Sergi Ferrater, responsables comercials de Revit, ArchiCAD i Allplan respectivament, per la seva disposició a ajudar-me en tot el que han pogut i per compartir amb mi la seva visió del mercat del disseny arquitectònic.

També voldria agrair a Leandro Madrazo i Jaume Serrallonga les observacions que varen fer al redactar els informes sobre la primera versió d'aquest document.

Finalment, no puc sino lloar la infinita paciència de la meva dona, acostumada des de fa anys a les absències nocturnes i a l'excés d'equipatge. Un petó per a ella.

TAULA DE CONTINGUTS

Capítol 1. INTRODUCCIÓ A LA TESI 13

1.1 INTRODUCCIÓ 15
1.1.1 CONTEXT I OBJECTIU DE LA INVESTIGACIÓ 15
1.1.2 ESTAT DE LA QÜESTIÓ. 19
1.1.3 ORIGINALITAT DEL TREBALL 20
1.1.4 VINCULACIÓ DE L'AUTOR AMB EL TEMA 21

1.2 PROCEDIMENT METODOLÒGIC 23
1.2.1 METODOLOGIA DE TREBALL 23
1.2.2 FONTS CONSULTADES 26
1.2.3 MATERIAL OBTINGUT 27
1.2.4 CRONOLOGIA DE LA RECERCA 27
1.2.5 OBSOLESCÈNCIA DE LA TESI 29

1.3 ESTRUCTURA DE LA TESI 31
1.3.1 ESTRUCTURA DEL CAPÍTOL SOBRE LA TECNOLOGIA BIM 31
1.3.2 ESTRUCTURA DEL CAPÍTOL SOBRE EL DISSENYAR AMB BIM 32
1.3.3 ESTRUCTURA DELS CAPÍTOLS D'ANÀLISI 32
1.3.4 ESTRUCTURA DEL CAPÍTOL D'ESTUDI DE CASOS 33
1.3.5 ESTRUCTURA DE CAPÍTOL DE CONCLUSIONS 33
1.3.6 ESTRUCTURA DE CAPÍTOL D'ANNEXES 33

Capítol 2. TECNOLOGIA BIM 35

2.1 EL CONTEXT ACTUAL 37
2.1.1 LES PROBLEMÀTIQUES COMUNES 37
2.1.2 LA SOLUCIÓ DE LA PRÀCTICA INTEGRADA 51
2.1.3 L'EXEMPLE DE LA PRODUCCIÓ INDUSTRIAL 72

2.2 TECNOLOGIA BIM 75
2.2.1 HISTÒRIA DEL TERME BIM 75
2.2.2 CONCEPTES BÀSICS 77
2.2.3 QUÈ SÓN LES APLICACIONS I EINES BIM ? 79
2.2.4 BIM PARAMÈTRIC 81
2.2.5 BIM MULTIDISCIPLINAR 94
2.2.6 BIM MULTIVISTA 104
2.2.7 CONCLUSIONS 118

2.3 BIM DURANT EL CICLE DE VIDA DE L'EDIFICI 119
2.3.1 PROMOCIÓ 123
2.3.2 DISSENY CONCEPTUAL 123
2.3.3 DISSENY DETALLAT 127
2.3.4 DOCUMENTACIÓ 132
2.3.5 LICITACIÓ I LEGALITZACIÓ 135
2.3.6 EXECUCIÓ 138

2.3.7 EXPLOTACIÓ 140
2.3.8 RECICLATGE 141
2.3.9 CONCLUSIONS 142

Capítol 3. BIM PER AL DISENY ARQUITECTÒNIC 143

3.1 DIBUIXAR, PARAMETRITZAR, OBJETIVAR 145
3.1.1 DE LA REPRESENTACIÓ LITERAL A LA PARAMÈTRICA 145
3.1.2 EL DIBUIX MANUAL VERSUS EL CAD LITERAL 148
3.1.3 EL CAD LITERAL VERSUS EL CAD PARAMÈTRIC 149
3.1.4 EL CAD PARAMÈTRIC VERSUS EL CAD BIM 152

3.2 BIM PER AL DISSENY ARQUITECTÒNIC 155
3.2.1 BIM PER AL DISSENY INTUITIU 159
3.2.2 BIM PER AL DISSENY EMPÍRIC 163
3.2.3 BIM PER AL DISSENY ANALÍTIC 164
3.2.4 BIM PER AL DISSENY DESCRIPTIU 166
3.2.5 BIM PER AL DISSENY INTEGRAT 172
3.2.6 CONCLUSIONS 178

3.3 IMPLEMENTAR LA TECNOLOGIA BIM 181
3.3.1 MIGRAR CAP AL BIM 181
3.3.2 PLANIFICAR LA IMPLEMENTACIÓ 185
3.3.3 CONSTRUIR L'EQUIP DE TREBALL 186
3.3.4 IMPLEMENTAR EL BIM 191
3.3.5 AMORTITZAR LA INVERSIÓ 195
3.3.6 CONCLUSIONS 200

3.4 APLICACIONS BIM PER AL DISSENY ARQUITECTÒNIC 201
3.4.1 HISTÒRIA DE LES APLICACIONS BIM 202
3.4.2 TIPUS D'APLICACIONS BIM 205
3.4.3 APLICACIONS BIM PER AL DISSENY ARQUITECTÒNIC 208
3.4.4 EINES BIM PER AL DISSENY ARQUITECTÒNIC. 217
3.4.5 EL FUTUR DE LES APLICACIONS BIM 223
3.4.6 CONCLUSIONS 225

Capítol 4. ANÀLISI D'AUTODESK REVIT ARCHITECTURE 2010 227

4.1 INTRODUCCIÓ 229
4.1.1 AUTODESK REVIT COM A APLICACIÓ BIM 229
4.1.2 ENFOCAMENT DE L'ANÀLISI 230

4.2 GESTIÓ DEL PROJECTE 233
4.2.1 ARXIUS DE PROJECTES, DE PLANTILLES I DE FAMÍLIES 233
4.2.2 COMPATIBILITAT AMB FORMATS ANTERIORS 233
4.2.3 NAVEGADOR DE PROJECTES 233
4.2.4 TREBALL EN EQUIP 235
4.2.5 OPCIONS DE DISSENY 236

4.2.6 GRUPS 236
4.2.7 REFERÈNCIES EXTERNES 237
4.2.8 FASES DE PROJECTE 237
4.2.9 BIM MULTIDISCIPLINAR 237
4.2.10 CONCLUSIONS 238

4.3 ORGANITZACIÓ ESPACIAL 241
4.3.1 PLANS DE TREBALL 241
4.3.2 UNITATS 242
4.3.3 INTRODUCCIÓ DE DADES 242
4.3.4 REFERÈNCIA A OBJECTES 243
4.3.5 CONTROL POSICIONAL I DIMENSIONAL 243
4.3.6 NIVELLS DE REFERÈNCIA 244
4.3.7 PLANS DE REFERÈNCIA 245
4.3.8 EIXOS DE REFERÈNCIA 246
4.3.9 LÍNIES DE REFERÈNCIA 246
4.3.10 RESTRICCIONS 247
4.3.11 CONCLUSIONS 249

4.4 VISUALITZACIÓ 251
4.4.1 VISTES GRÀFIQUES 251
4.4.2 CONTROL DE LA VISUALITZACIÓ DE LES VISTES GRÀFIQUES 252
4.4.3 EINES DE MODIFICACIÓ LOCAL 257
4.4.4 ASSIGNACIÓ DE MATERIALS 260
4.4.5 TRANSFERIDOR D'ESTÀNDARDS 260
4.4.6 VISTES DE PLANTA 261
4.4.7 VISTES DE SECCIÓ 261
4.4.8 VISTES D'ALÇAT 262
4.4.9 VISTES DINÀMIQUES 262
4.4.10 VISTES DE CRIDA 264
4.4.11 VISTES DE DELINEACIÓ 264
4.4.12 VISTES ALFANUMÈRIQUES 265
4.4.13 PLÀNOLS 266
4.4.14 PUBLICACIÓ 267
4.4.15 RENDERING 268
4.4.16 CONCLUSIONS 268

4.5 MODELAT DE LA INFORMACIÓ DE L'EDIFICI 271
4.5.1 TECNOLOGIA D'OBJECTES 271
4.5.2 CONTROL PER CATEGORIES 272
4.5.3 INTERACCIÓ DE FAMILIES SEGONS LA SEVA CATEGORIA 273
4.5.4 FAMILIES DE SISTEMA, DE COMPONENT I IN-SITU 273
4.5.5 FAMILIES DE REFERENCIA, AMFITRIONES, ALLOTJADES I NIADES 277
4.5.6 FAMÍLIES SEGONS LA SEVA FUNCIÓ 280
4.5.7 FAMÍLIES DE MASSA 282
4.5.8 FAMÍLIES DE TERRITORI 282
4.5.9 FAMÍLIES DE CAMBRA 283

4.5.10 FAMÍLIES D'ALTRES DISCIPLINES 284
4.4.11 IMPORTACIÓ D'OBJECTES D'ALTRES APLICACIONS 285
4.5.12 CONNEXIÓ AMB ALTRES APLICACIONS 286
4.5.13 CAPACITATS GEOMÈTRIQUES 287
4.5.14 CAPACITATS PARAMÈTRIQUES 293
4.5.15 CONCLUSIONS 297

4.6 PUNTS CLAU DE L'APLICACIÓ 299
4.6.1 PUNTS FORTS 299
4.6.2 PUNTS DÈBILS 301
4.6.3 REVIT VERS LA COMPETÈNCIA 306
4.6.4 EXPECTATIVES DE FUTUR 306
4.6.5 CONCLUSIONS 307

Capítol 5. ANÀLISI DE GRAPHISOFT ARCHICAD 12 309

5.1 INTRODUCCIÓ 311
5.1.1 GRAPHISOFT ARCHICAD COM A APLICACIÓ BIM 311
5.1.2 ENFOCAMENT DE L'ANÀLISI 312

5.2 GESTIÓ DEL PROJECTE 315
5.2.1 ARXIUS DE PROJECTES, DE PLANTILES I DE FAMÍLIES 315
5.2.2 COMPATIBILITAT AMB FORMATS ANTERIORS 315
5.2.3 NAVEGADOR DE PROJECTES 316
5.2.4 TREBALL EN EQUIP 317
5.2.5 OPCIONS DE DISSENY 318
5.2.6 MÒDULS 319
5.2.7 REFERÈNCIES EXTERNES 319
5.2.8 FASES DE PROJECTE 319
5.2.9 BIM MULTIDISCIPLINAR 319
5.2.10 CONCLUSIONS 320

5.3 ORGANITZACIÓ ESPACIAL 321
5.3.1 PLANS DE TREBALL 321
5.3.2 UNITATS 322
5.3.3 INTRODUCCIÓ DE DADES 322
5.3.4 REFERÈNCIA A OBJECTES 323
5.3.5 CONTROL POSICIONAL I DIMENSIONAL 323
5.3.6 NIVELLS DE REFERÈNCIA 324
5.3.7 PLANS DE REFERÈNCIA 325
5.3.8 REIXES ESTRUCTURALS 325
5.3.9 LÍNIES DE REFERÈNCIA 325
5.3.10 RESTRICCIONS 326
5.3.11 CONCLUSIONS 326

5.4 VISUALITZACIÓ 327
5.4.1 VISTES GRÀFIQUES 327
5.4.2 CONTROL DE LA VISUALITZACIÓ DE LES VISTES GRÀFIQUES 328
5.4.3 EINES DE MODIFICACIÓ LOCAL 334
5.4.4 ASSIGNACIÓ DE MATERIALS 336
5.4.5 GESTOR D'ATRIBUTS 338
5.4.6 VISTES DE PLANTA 338
5.4.7 VISTES DE SECCIÓ 339
5.4.8 VISTES D'ALÇAT 341
5.4.9 VISTES DINÀMIQUES 341
5.4.10 VISTES DE DETALL 342
5.4.11 VISTES DE DELINEACIÓ 343
5.4.12 VISTES ALFANUMÈRIQUES (ELEMENT SCHEDULES) 343
5.4.13 LÀMINES 344
5.4.14 PUBLICACIÓ 345
5.4.15 RENDERING 346
5.4.16 CONCLUSIONS 347

5.5 MODELAT DE LA INFORMACIÓ DE L'EDIFICI 349
5.5.1 TECNOLOGIA D'OBJECTES 349
5.5.2 CONTROL PER CATEGORIES 350
5.5.3 INTERACCIÓ DE FAMILIES SEGONS LA SEVA CATEGORIA 352
5.5.5 FAMILIES DE REFERENCIA, AMFITRIONES ALLOTJADES I NIADES 358
5.5.10 FAMÍLIES D'ALTRES DISCIPLINES 365
5.5.11 IMPORTACIÓ D'OBJECTES D'ALTRES APLICACIONS 366
5.5.12 CONNEXIÓ AMB ALTRES APLICACIONS 366
5.5.13 CAPACITATS GEOMÈTRIQUES 366
5.5.14 CAPACITATS PARAMÈTRIQUES 370
5.5.15 CONCLUSIONS 376

5.6 PUNTS CLAU DE L'APLICACIÓ 379
5.6.1 PUNTS FORTS 379
5.6.2 PUNTS DÈBILS 383
5.6.3 ARCHICAD VERS LA COMPETÈNCIA 385
5.6.4 EXPECTATIVES DE FUTUR 386
5.6.5 CONCLUSIONS 386

Capítol 6. ESTUDI DE CASOS 389

6.1 CASOS D'IMPLEMENTACIÓ 391
6.1.1 IMPLEMENTACIÓ AL DESPATX DE CAPELLA - GARCÍA 391
6.1.2 IMPLEMENTACIÓ A IDOM BARCELONA 393
6.1.3 IMPLEMENTACIÓ A B720 396

6.2 CASOS D'APLICACIÓ 399
6.2.1 PROJECTE DEL CENTRE COMERCIAL HERON CITY 399
6.2.2 PROJECTE DEL CENTRE D'EMERGÈNCIES DE REUS 401
6.2.3 PROJECTE DEL NOU MERCAT DELS ENCANTS DE BARCELONA 403

6.3 CASOS DE FORMACIÓ 405
6.2.1 CURS EN MÀSTER SOBRE COMUNICACIÓ VISUAL EN ARQUITECTURA 405
6.2.2 CURS DE 25 HORES A LA SALLE 406
6.2.3 CURS INTENSIU PER A PROFESSORS DE L'ETSAB 407

Capítol 7. CONCLUSIONS FINALS 409

7.1 REFLEXIONS SOBRE L'APRÉS 411
7.1.1 CONCLUSIONS SOBRE LA TECNOLGIA BIM 411
7.1.2 CONCLUSIONS DOBRE LES ANÀLISIS DE LES APLICACIONS 414
7.1.3 CONCLUSIONS SOBRE L'ESTUDI DE CASOS 416

7.2 LA INSTITUCIONALITZACIÓ DEL BIM 423
7.2.1 BIM EN LA DOCÈNCIA REGLADA 423
7.2.2 BIM EN ELS COL·LEGIS PROFESSIONALS 429
7.2.3 BIM EN L'ADMINISTRACIÓ 429

7.3 EL FUTUR DEL BIM 431
7.3.1 DIVULGACIÓ DE LA TECNOLOIGA BIM 431
7.3.2 VOLUNTAT DE CANVI DELS USUARIS 432
7.3.3 CASOS D'ÈXIT DOCUMENTATS A ESPANYA 432
7.3.4 NOMBRE D'USUARIS FORMATS 433
7.3.5 GENERALITZACIÓ DE LES COMUNITATS VIRTUALS 433
7.3.6 ALENTIMENT DE L'ACTIVITAT ECONÒMICA 433
7.3.7 INTERÉS PER LES EINES PARAMÈTRIQUES COM A GENERADORS FORMALS 434
7.3.8 BIM PER A LES ADMINISTRACIONS 435
7.3.9 BIM PER ALS CONTRACTISTES 435
7.3.10 BIM PER ALS PROMOTORS 436
7.3.11 BIM PER ALS PROPIETARIS 436
7.3.12 INCRUSTRACIÓ DE LA INFORMACIÓ 437
7.3.13 PENETRACIÓ EN LA DOCENCIA REGLADA 438
7.3.14 LIBERALITZACIÓ DEL SECTOR 438
7.3.15 DESENVOUPAMENT DE LES APLICACIONS BIM 439
7.3.16 DESENVOLUPAMENT D'EINES BIM 439
7.3.17 BIM I EL DDE 440
7.3.18 NOUS PERFILS PROFESSIONALS 441

7.4 ALTRES VIES DE RECERCA 443
7.4.1 ESTUDIS DE CASOS 443
7.4.2 DISSENY SOSTENIBLE 443
7.4.3 ANÀLISI D'ALTRES APLICACIONS BIM 443
7.4.5 BIM PER A LA RESTA D'IMPLICATS 445
7.4.6 SEGUIMENT DEL IFC 445

7.4.7 DESCRIPCIÓ DE PROCESOS D'INTERCANVI CONCRETS 445
7.4.8 DISSENY SEGONS PRESTACIONS 446
7.4.9 CREACIÓ DE FAMILIES DE REFERÈNCIA. 446
7.4.10 REDACCIÓ DE GUIES DE MODELAT 446
7.4.11 EINES DE COMUNICACIÓ MULTIDISCIPLINAR 447
7.4.12 CURRICULUM PER A LA DOCÈNCIA DEL BIM 447
7.4.13 MODELAT INTUÏTIU EN EL BIM 447
7.4.14 MODELAT GENERATIU EN EL BIM 447
7.4.15 MODELAT DIRECTE EN EL BIM 448

7.5 EPÍLEG 451

Capítol 8. ANNEXES 453

8.1 GLOSSARI 455

8.2 REFERÈNCIES 463
8.2.1 DESENVOLUPADORS DE SOFTWARE 463
8.2.2 ORGANITZACIONS 465
8.2.3 REVISTES ELECTRÒNIQUES 466
8.2.4 PORTALS 467
8.2.5 BLOGS 467
8.2.6 FÒRUMS 468
8.2.7 MATERIAL D'APRENENTATGE IMPRÈS 468
8.2.8 MATERIAL D'APRENENTATGE ON-LINE 469
8.2.9 REFERÈNCIES ELECTRÒNIQUES 473
8.2.10 LLIBRES IMPRESOS 486
8.2.11 CONFERÈNCIES 489
8.2.12 ARTICLES EN REVISTES IMPRESES 490
8.2.13 TESIS 493

8.3 ÍNDEX 495

Capítol 1.
INTRODUCCIÓ A LA TESI

1.1 INTRODUCCIÓ

Per tal d'entendre l'enfocament d'aquest treball, cal explicar primer quin és el context en el que es desenvolupa i quines són les raons que el motiven.

1.1.1 CONTEXT I OBJECTIU DE LA INVESTIGACIÓ

Durant els últims deu anys, s'ha dut a terme la implantació generalitzada dels sistemes de CAD a tots els despatxos d'arquitectura. Aquest procés, que començà ara fa uns vint-i-cinc anys, ha permès als professionals augmentar molt la seva productivitat i dur a terme dissenys que sense aquestes eines hagueren estat impossibles. Aquesta migració des del paper a l'ordinador ja s'ha consolidat, però el nivell tecnològic de la seva implementació ha estat molt baix. La majoria d'arquitectes empren menys de la meitat de les possibilitats del programari amb el que treballen, ja que la seva formació va ser autodidacta. L'únic que van haver de fer es aprendre a dibuixar o a modelar tridimensionalment amb aplicacions de CAD, emprant-les de manera molt similar als seus anteriors estris analògics.

Quan hom dissenya, crea models de les seves idees per tal de poder desenvolupar-les. Aquests models consten de representacions més o menys sintètiques de l'objecte d'estudi que descriuen diferents aspectes de l'edifici que estan projectant. Amb les eines tradicionals (digitals o analògiques), aquestes representacions no estan connectades entre si, a pesar de provenir d'una mateixa idea o realitat. Els alçats i plantes d'un edifici, per exemple, són representacions que només estan vinculades en la ment de seu creador o de les qui les llegeixen.

Aquest sistema de treball te moltes limitacions. En primer lloc, cal generar tota la documentació des de zero, tot generant cada representació individualment, podent aprofitar molt poc de la informació continguda en cada una d'elles per a la construcció de la resta. En segon lloc, cal transmetre manualment qualsevol canvi efectuat a l'edifici a totes les seves representacions, siguin bidimensionals o tridimensionals.

Per altra banda, cal adonar-se que aquest problema no és exclusiu dels professionals dedicats al disseny d'arquitectura, sinó que és comú a tots els relacionats amb el fet constructiu en general. Des del promotor al contractista, tots empren eines que han digitalitzat els seus anteriors recursos analògics, però que no han anat un pas mes enllà en la gestió de la informació que han de processar.

La solució a aquestes limitacions passa per una tecnologia que permeti projectar un edifici referint-lo a un model tridimensional, ja que, al ser sempre coherent amb sí mateix, la informació que se n'extregui també ho serà. El problema és que hi ha molts aspectes del disseny d'un edifici que són millor abordats des de representacions simplificades i ortogonals, com ara les plantes i alçats, les quals, per altra banda, resulten inadequades per a editar un model tridimensional. La solució a aquest dilema passa per aconseguir que el software en qüestió sigui el que elabori les vistes adequades per a la seva edició controlada. Així, per exemple, podríem modificar les distribucions d'un edifici editant els seus tancaments visualitzats segons el grafisme propi de les representacions de planta, a pesar d'estar construïts tridimensionalment. El que es busca és representar l'objecte de la manera més profitosa (amb la major quantitat d'informació possible) per a poder visualitzar-lo de la forma més convenient.

Mentre que amb les tècniques tradicionals el vincle entre representació i visualització és molt directe (un dibuix analògic mostra directament el que conté i un de digital, poc més), amb les tecnologies que aquí es descriuran s'aconsegueix flexibilitzar enormement l'una de l'altre, reduint el problema de la representació i de la visualització a una qüestió de modelat de la informació.

Això implica que l'usuari ja no pot controlar directament la visualització del seu disseny, sino que ho pot fer en base a les opcions gràfiques que ofereix el visualitzador de l'aplicació. És quelcom al que hom està acostumat (en certa manera) amb les eines de modelat tridimensional, però no amb les de dibuix bidimensional. L'avantatge d'aquest sistema, a banda de garantir la coherència documental i la seva automatització, es que l'edició dels seus aspectes gràfics es racionalitza. Per altra banda, s'aconsegueix una gran productivitat, ja que els diferents elements del projecte només es modelen una vegada i no tantes com visualitzacions se'n necessiti. Per a entendre la potencia d'aquest plantejament, cal tenir en compte que aquestes visualitzacions poden ser de tipus gràfic o alfanumèric, ja que d'una representació tridimensional, se'n poden treure visualitzacions numèriques (atenent a les seves característiques mètriques, per exemple).

Així doncs, podem concloure que el modelat tridimensional de tot l'edifici és el primer pas per a garantir la coherència formal i documental d'un projecte, però precisa d'un sistema de visualització automatitzada que el faci viable.

El següent pas seria automatitzar la manera en que l'edició d'un element del projecte afecta a la resta. Per exemple, el canvi de les dimensions d'una finestra du a modificar el buit d'obra on s'encasta. Si això s'ha de fer manualment, tornem a caure en la inversió de temps en tasques rutinàries i en el risc de cometre errors. Per poder automatitzar-ho, cal que els objectes estiguin definits per paràmetres que puguin relacionar-se entre ells. Llavors, la suma d'objectes paramètrics esdevé una base de dades en la que cada component es defineix per una sèrie de valors de diversa naturalesa. Alguns d'ells dependran dels valors d'altres objectes, aconseguint així la interrelació buscada. De retruc, el fet de definir un element mitjançant paràmetres, obliga a un alt grau de racionalització de la forma, però també permet incloure-hi aspectes qualitatius com materials o sistemes constructius.

Per altra banda, la parametrització també fa més senzilla l'edició del model, ja que precisa que els seus components es regeixin pels aspectes que realment els defineixen i, per tant, permet accedir directament les seves qualitats més essencials. Aquesta edició cal que pugui ser per via gràfica (una altra raó per a que l'aplicació hagi de gestionar les representacions del model), però també per via alfanumèrica, ja que les els llistats de paràmetres son més adequats per a certes edicions, com per exemple, el canvi de l'amplada de diverses portes alhora. De fet, s'ha demostrat que la parametrització és l'única via possible (de moment) per a abordar modelats complexos com ho són les representacions tridimensionals detallades de qualsevol edifici.

Finalment, el fet de transformar el model tridimensional en una base de dades paramètrica, obre la possibilitat d'incloure-hi tota mena d'informació, com són els materials emprats, noms dels components, usos de les estances, etc. Aquestes dades serviran per a realitzar altra mena d'estudis, a banda dels formals, sobre el mateix model arquitectònic, però també seran útils a

l'hora d'establir un context de col·laboració amb altres disciplines, com el càlcul estructural, ja que podran compartir una mateixa base.

Així, el modelat paramètric permet definir els objectes en base a les seves qualitats essencials i, de retruc, automatitzar les dependències entre ells. Els objectes passen a formar part d'una base de dades global que pot tractar diverses menes d'informació i que pot ésser mostrada des de diferents punts de vista, gràfics o alfanumèrics. Això es contraposa amb les eines de CAD literal, ja que aquestes només permeten modelar representacions (ja siguin bidimensionals, tridimensionals o alfanumèriques) que contenen ***literalment*** només allò que mostren.

Aquesta tecnologia, que uneix els avantatges del modelat tridimensional amb les del paramètric per formar una base de dades multidisciplinar per al disseny i construcció d'arquitectura, actualment es coneix com a ***BIM*** (***Building Information Modeling***). Tot i que fa temps que es desenvolupa en forma d'aplicacions concretes per al disseny arquitectònic, fins ara ha tingut una implantació molt limitada si la comparem amb la de les aplicacions de CAD literal més populars com AutoCAD o Microstation. En els últims anys, però, tot indica que aquesta tendència està canviant per les raons següents:

- El seu grau de desenvolupament ha arribat a un nivell de maduresa elevat, essent perfectament funcionals en quasi qualsevol àmbit de l'exercici professional.

- El hardware estàndard es suficientment potent per a fer-les anar amb prou fluïdesa.

- Hi ha una gran pressió per part dels clients en quant a la rapidesa d'elaboració dels projectes i els costos de la seva producció.

- La necessitat de transmetre dades coordinades a aplicacions d'altres disciplines es cada cop més gran.

- La complexitat dels projectes ha augmentat molt en els últims any, fent que comenci a ser inviable el seu desenvolupament amb eines basades en la mera representació gràfica no coordinada.

- Els costos salarials i la reducció dels honoraris demanen un augment de la productivitat dels treballadors de les empreses del sector, especialment de les que s'ocupen de les fases de disseny.

- L'augment del nombre de grans empreses fa que els petits despatxos només puguin continuar sent competitius reduint costos i augmentant el rendiment dels seus treballadors.

- La baixíssima productivitat de les eines de CAD literal en comparació a aquesta mena d'aplicacions compensa amb escreix en cost d'adquisició de les noves aplicacions i de la inversió de la formació en el seu ús.

- Les aplicacions BIM ocupen la major part dels temes que es publiquen en la premsa especialitzada, fet que indica que han esdevingut d'interès general.

Sembla doncs que és hora de sotmetre aquesta tecnologia a estudi per tal de valorar la viabilitat de la seva implantació generalitzada en la indústria de la construcció espanyola. Això es de gran importància per al usuaris finals, però també per a les institucions vinculades al món de la construcció., ja que tard o d'hora hauran de decidir si les inclouen en els seus currículums formatius o, si més no, en donen suport. Tot i que la Tecnologia BIM és aplicable a la feina de tots els implicats en la promoció, disseny, construcció i explotació d'un edifici, aquest treball es centra en les implicacions que té en la disciplina arquitectònica, tot i que es també es faran comentaris respecte al marc general d'implementació, ja que aquest afecta també a l'arquitecte.

Dins de l'estudi de la Tecnologia BIM aplicada al disseny, s'han analitzat en profunditat dues aplicacions paradigmàtiques per al disseny arquitectònic: Autodesk Revit i Graphisoft ArchiCAD. L'autor considera que no es pot parlar d'una tecnologia sense parlar de les eines que la fan possible i no es pot conèixer el seu funcionament i capacitats reals sense experimentar-ho personalment. El modelat BIM precisa un canvi de mentalitat que cal avaluar in situ per a poder treure conclusions sobre la viabilitat real d'aquesta tecnologia i sobre aspectes tant importants com la formació de nous professionals en l'ús d'aquestes eines. Per altra banda, resulta difícil valorar-les a partir de la informació de domini públic, ja que acostuma a estar lligada a interessos comercials i/o resulta força parcial. Naturalment, a la xarxa hi ha diversos articles sobre els beneficis de les aplicacions BIM, però no existeix un comparatiu desinteressat i profund entre diverses aplicacions i, molt menys, una valoració que sigui fàcilment aplicable al context d'aquest país. Els escassos llibres que durant els últims anys s'han publicat sobre BIM, tampoc parlen en profunditat d'aquestes aplicacions, ja que els farien obsolets als pocs mesos de sortir publicats. En canvi, des d'un treball de recerca com aquest sí que resulta del tot pertinent ja que, en cas contrari, les seves conclusions s'haurien de basar en opinions alienes.

En resum, els objectius d'aquest treball són es següents:

- Estudiar en profunditat la Tecnologia BIM i la seva relació amb els processos de treball integrats.

- Contrastar els seus principis teòrics amb el que resulta viable actualment o a curt termini.

- Experimentar amb l'ús professional de les seves principals aplicacions.

- Experimentar amb la formació de terceres persones en l'ús d'aplicacions BIM i en la transmissió dels seus principis conceptuals.

- Seguir les experiències de la seva implantació en els despatxos d'arquitectura locals.

- Extreure conclusions dels anteriors punts i aplicar-les a la disciplina del disseny arquitectònic, tant des del punt de vista ideològic com pragmàtic.

- Desenvolupar noves idees en torn a l'aplicació de la Tecnologia BIM en el disseny i en la seva relació amb totes les parts implicades en el fet constructiu.

- Divulgar els resultats de la recerca.

1.1.2 ESTAT DE LA QÜESTIÓ

Al llarg de la redacció d'aquest treball, la Tecnologia BIM i les aplicacions informàtiques que proven d'implementar-la han anat madurant de manera desigual. Mentre que les aplicacions orientades al disseny arquitectònic són les que es troben en un estat més desenvolupat, essent totalment operatives, altres vessants es troben encara en estadis primerencs provant de resoldre les problemàtiques més urgents. La complexitat d'algunes temàtiques, com ara la interoperabilitat entre aplicacions, ha fet que els seu desenvolupament hagi hagut d'esperar a que la implementació del BIM en les eines de disseny bàsiques es completés. Per altra banda, la ideologia que mou la tecnologia BIM ha anat madurant progressivament. Ha passat d'estar preocupada inicialment pels aspectes més tècnics a ocupar-se de com aquesta nova metodologia pot millorar la col·laboració entre les parts, doncs s'ha arribat a la conclusió que és un dels aspectes que més beneficis pot dur a les indústries implicades. Prova d'això és que la majoria de les publicacions sobre BIM (majoritàriament escrites en els últims quatre anys) parlen extensament d'aquest tema, que forma part d'una filosofia més extensa coneguda com a ***Pràctica Integrada***.

Per altra banda, les tecnologies relacionades amb la parametrització estan experimentant la seva pròpia eclosió, tot influenciant fortament les aplicacions BIM, ja que aquestes empren estratègies similars per a resoldre les qüestions relatives al modelat geomètric. Això ha contribuït a consolidar el mercat de les aplicacions BIM, ja que al ser les encarregades del modelat geomètric de l'edifici, precisaven de tecnologies capaces d'abordar-lo en la seva totalitat mitjançant mecanismes de control jeràrquic automatitzat. Val a dir, però, que així com el nombre d'aplicacions amb capacitat de modelat paramètric va creixent cada any, la complexitat del desenvolupament de les aplicacions BIM ha fet que proliferessin molt més lentament.

En molts casos, aquesta mena de software ha estat desenvolupat a partir de zero amb la intenció de treballar amb tecnologia BIM des del principi. Es tracta de solucions potents i coherents però que impliquen una forma de treballar diferent a la que estan acostumats els usuaris de les eines de CAD tradicionals. Algunes d'elles són de creació recent, cosa que implica un plantejament jove i sovint revolucionari, però també poca maduresa. Són el que jo anomeno ***Aplicacions BIM Natives***.

Per altra banda, també existeixen les solucions implementades sobre aplicacions de CAD literal de manera més o menys transparent. Tenen l'inconvenient que el seu funcionament no es tan coherent ni fluid com les aplicacions BIM natives ja que s'han hagut d'adaptar al motor i estructura de funcionament dels seus hostes. En canvi, tenen l'avantatge de permetre una migració cap als sistemes BIM molt més flexible i modular. El grau d'implementació de BIM pot fer-se al nivell i en el camp que es desitgi. En aquest treball, les anomeno ***Aplicacions BIM Implementades***.

Pel que fa a l'univers de les eines associades a les aplicacions BIM dedicades a l'anàlisi dels models amb elles generats, podem dir que està en ple creixent. Estem parlant d'eines per al càlcul de costos, de comportament estructural o de rendiment energètic; però també d'altres molt més especialitzades, com ara la gestió del recursos humans i materials ubicats a edificis.

Així doncs, el ventall d'opcions és prou ampli com per a poder escollir l'aplicació i les eines més adequades als interessos de cada professional. Malgrat això, el seu ús a Espanya és molt minoritari degut a que els professionals encara no han sentit la necessitat de migrar-hi, perquè o be desconeixen el veritable abast d'aquesta tecnologia o bé en tenen prejudicis. Per altra banda, les institucions encara no han mostrat gaire interès cap al BIM, així que arquitectes i enginyers han de refiar-se dels comercials dels distribuïdors de software a l'hora d'embarcar-se en l'aventura de migrar cap al BIM, cosa que els costa de fer perquè en solen desconfiar.

Però en els dos últims anys, el panorama esta canviant. Per una banda, la majoria dels despatxos han vist com el seu sistema de treball es veia compromès pel volum extra de feina que ha portat el nou CTE, per l'empitjorament general de les condicions de treball en quan a honoraris i terminis d'entrega, per l'augment de la exigència de professionalitat i per la creixent complexitat dels projectes que s'executen. Per l'altra, l'aturada quasi total de l'activitat del sector de la construcció permet que els arquitectes puguin invertir més temps en la seva formació. De fet l'Escola Sert del COAC ha començat a organitzar sessions informatives sobre noves tecnologies, ja que és conscient del problema que representarà, en breu, seguir mantenint la manera de treballar tradicional.

Els fabricants del software, per la seva banda, organitzen més sovint que mai seminaris informatius per tal d'atreure futurs clients. Aquestes sessions tenen un èxit molt limitat per les raons que ja s'han exposat i perquè els professionals de l'arquitectura saben que aniran a que se'ls vengui el producte, no a aconsellar-los sobre la idoneïtat de cada aplicació. Per altra banda, és obvi que els especialistes lligats a distribuïdors o desenvolupadors de software BIM sabran o voldran parlar ben poc de les virtuts de les solucions de la competència.

1.1.3 ORIGINALITAT DEL TREBALL

Arreu del món, especialistes en diversos aspectes de la Tecnologia BIM han escrit ja nombrosos articles al respecte i segueixen fent-ho, però actualment encara no hi ha cap treball extens que en parli des de la perspectiva del disseny arquitectònic tal com es veu des d'Europa occidental. Això és així perquè, quan es va començar aquesta recerca, no existia cap publicació extensa sobre el tema i les que han aparegut en els últims anys provenen d'altres països i estan molt més orientades al negoci de la construcció en si, cosa que fa que prestin poca atenció als aspectes relacionats amb l'activitat creativa dels dissenyadors.

Per altra banda, les empreses privades que ja l'estan fent servir, no estan publicant els seus resultats, almenys en l'àmbit espanyol, així que les úniques referencies que hom pot tenir de l'èxit de la seva aplicació provenen dels distribuïdors de software relacionat amb aquesta tecnologia, fet que indica la necessitat de comptar amb un estudi independent rigorós.

Si que existeix, en canvi, una extensa bibliografia sobre aplicacions paramètriques dedicades al disseny d'arquitectura, però la qüestió del BIM és un tema diferent, ja que la parametrització geomètrica s'empra principalment com un mitjà per a poder tractar l'edifici com una base de dades tridimensional però no com un fi en si mateix.

Per això crec poder assegurar que actualment no existeix un treball semblant a aquest, amb l'excepció d'un de realitzat recentment per Roberto Molinos l'any 2007 titulat *"Arquitectura paramétrica orientada a proceso"*, amb qui vaig tenir l'oportunitat de col·laborar aportant els coneixements que en aquell moment tenia sobre el tema. És tracta d'un treball molt interessant ja que parla de la pròpia experiència en l'ús d'una eina de disseny paramètric d'arquitectura anomenada Digital Project per al seu projecte final de carrera i de Revit Architecture en el seu equip de treball a Idom. No obstant, no era el seu objectiu analitzar-les en profunditat, ja que centra l'interès en els processos de treball amb aquestes eines i en el concepte de parametrització en general. Tampoc no s'estén en els principis de la Pràctica Integrada aplicada a la tecnologia BIM ja que, per aquells vols, aquest tema tenia menys importància en un context on el principal repte era introduir-se en el modelat d'informació.

Així doncs, em sembla oportuna la realització d'aquest treball de recerca atès l'actual context sòcio-econòmic i el moment en que es desenvolupa, ja que l'estudi es durà a terme justament en l'inici del desplegament d'aquesta tecnologia a nivell internacional.

1.1.4 VINCULACIÓ DE L'AUTOR AMB EL TEMA

Fa uns catorze anys, vaig viure en persona el procés d'implantació de les eines de CAD als despatxos d'arquitectura. En aquells temps, l'opció més visible era emprar Autodesk AutoCAD. Hi havia una gran ignorància sobre l'univers del CAD més enllà d'aquesta eina i això va fer que acabés acaparant quasi tot el mercat. No obstant, fa uns nous anys vaig entrar en contacte amb la primera versió per a Windows de Nemetschek Allplan. Tot i que la seva interface era molt primitiva i el seu funcionament, molt poc intuïtiu, em vaig adonar del potencial d'aquesta mena d'aplicacions (llavors englobades sota el terme *"Computer Aided Architectual Design"*) i del temps que es perdia emprant eines tan rudimentàries com l'AutoCAD de l'època. Conscient d'això, sempre he tingut la voluntat de conèixer aquesta mena de solucions, però el dia a dia m'ho havia impedit fins ara.

Professionalment, com a arquitecte i CAD Manager, el tema m'interessa per motius obvis. Com a docent, crec que es important realitzar un estudi d'aquest mena, ja que sembla que en algun moment s'haurà d'incloure aquesta tecnologia en el currículum docent tal i com va passar amb les eines que s'empren actualment de forma generalitzada. Aquest estudi serà d'una gran utilitat a l'hora de decidir quina o quines solucions s'implementaran i preveure com afectaran al funcionament del despatxos i a la formació dels estudiants. Cal remarcar en aquest aspecte, que l'ús intel·ligent d'aplicacions BIM requereix un material de formació conceptual inèdit al nostre país.

1.2 PROCEDIMENT METODOLÒGIC

En aquest tema s'explica quines han estat les estràtegies que s'han seguit per a desenvolupar aquest projecte de recerca.

1.2.1 METODOLOGIA DE TREBALL

Aquesta tesi és, en realitat, la fusió de dues recerques desenvolupades en processos paral·lels, la primera analitza el context tecnològic del BIM, incloent la seva aplicació en dues eines en concret i, la segona, busca experimentar amb ella, tot emprant les eines analitzades i participant en diferents experiències docents. Les dues tenen una finalitat comú; treure'n conclusions aplicables al context nacional i fer aportacions pròpies. L'objectiu és aconseguir que aquesta tecnologia sigui entesa per al lector i dotar-lo d'eines per a implementar-la.

Per a la recerca sobre tecnologia BIM, la metodologia es basa en la recopilació d'informació de tota mena, des d'articles on-line, fins a llibres, passant per seminaris i trobades d'usuaris. Tots aquests recursos s'indexaven i, de molts d'ells, se'n prenien notes i, més recentment, se n'elaboraven mapes conceptuals. Aquesta ha estat una tasca força feixuga degut a l'abundància i heterogeneïtat de les fonts, però ha permès un accés posterior a la informació més còmode i eficaç.

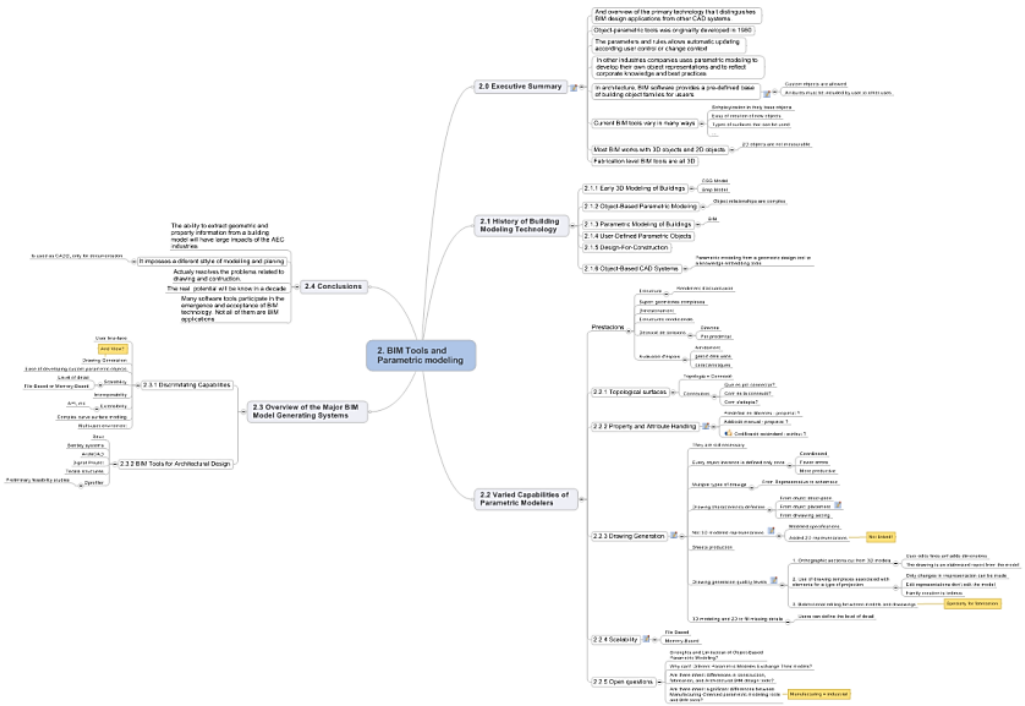


Fig. 1.1. Mapa conceptual d'un capítol d'un llibre consultat.

Paral·lelament, cada treball presentat durant el doctorat ha servit per a revisar aquestes notes i anar-les exposant en un fil argumental que ha anat guanyant cos a mesura que ha avançat la recerca. Ha estat un procés iteratiu, perquè cada informació ha obert nous camps d'investigació que han hagut de ser avaluats per a evitar que la tesi es desfilés en excés.

Les anàlisis de cadascuna de les dues eines BIM va començar amb un procés d'aprenentatge de les seves característiques de funcionament i ús, tot aprofundint en aquells aspectes que fossin rellevants. Es prestà especial atenció als detalls tècnics, ja que una anàlisi a aquest nivell és necessària si es vol tenir una visió objectiva de com és en realitat el software que s'estudia. No obstant, s'ha procurat donar un enfocament didàctic als documents generats, ja que la intenció és que resulti comprensible per a lectors no avesats.

Durant aquest procés, es van prendre unes quatre-centes notes que més tard van ser de gran utilitat en la redacció de les anàlisis. Un cop finalitzat l'aprenentatge de cada aplicació, es procedí a redactar el capítol corresponent seguint la mateixa estructura per a ambdues solucions, per tal de facilitar la comparació de les característiques d'una i altra. A banda de descriure-les amb esperit crític tot explicant-ne estructura i funcionament, s'ha procurat ressaltar aquells aspectes que la diferencien de les eines de CAD tradicional.

L'ultima fase de la recerca fou la redacció dels estudis de casos, la qual es va basar en diverses entrevistes a especialistes que havien experimentat amb aplicacions BIM en entorns professionals reals. Els estudis de casos de formació, en canvi, estan basats majoritàriament en experiències pròpies.

Finalitzades les recerques, s'inicià l'etapa de redacció de conclusions, ja que només un cop estudiats els temes generals i havent-los complementat amb la imprescindible experiència personal i aliena en l'aprenentatge i ús d'aplicacions BIM, s'estava en disposició de fer-ho. Aquest capítol és potser el mes important, ja que representa l'objectiu final de la tesi, però no pretén ser un resum del que s'ha explicat en els anteriors.

Paral·lelament a tot el procés, s'ha anat redactant un glossari que recull la terminologia emprada en aquest treball i que ha estat de vital importància a l'hora de donar coherència als textos. Per al lector, esdevindrà un resum dels conceptes més importants exposats al llarg de la tesi.

Pel que fa a les referències documentals, s'ha fet un esforç per recollir-les de la manera més sistemàtica possible, amb el benentès que, en el cas dels documents electrònics, se n'ha fet una tria atès el seu volum immens.

L'últim pas ha estat la maquetació de tot el document, amb la generació automatitzada de la taula de continguts i l'índex que apareix als annexos, el qual s'ha alimentat de les referències entrades durant la revisió del text.

· La qüestió de la terminologia

L'elaboració d'una terminologia coherent per a emprar-la en aquesta tesi ha estat una tasca molt complexa, degut a que calia nomenar en català conceptes originaris del món anglosaxó per als quals no existia un equivalent clar en la nostra llengua. Aquesta necessitat no provenia d'una qüestió ideològica sinó pedagògica, ja que opino que el fet de traduir un terme a la llengua pròpia ajuda a entendre'l millor, i, sobretot, a divulgar-lo més fàcilment. Per a fer-ho, ha calgut un esforç de contextualització, que de fet, és el que s'ha procurat fer amb tot el documentat. Per exemple, el terme "Facility" es pot traduir com a "servei", "recurs", "qualitat"

o "facilitat"; termes que per a nosaltres tenen un significat molt diferent entre ells. Així, "Facility Management", un terme molt emprat en BIM, que es refereix a la gestió dels serveis que ofereix un immoble o, segons com, a la gestió de les seves instal·lacions, no correspon directament a cap expressió catalana.

Per aquesta raó, el que es fa en aquests casos és escriure directament en anglès, o incorporar directament el termes anglosaxons sense traduir-los. Però amb aquesta opció es perd la oportunitat de fer un veritable esforç de comprensió del terme, pas inevitable per a traduir-ne qualsevol. Per això s'ha preferit esforçar-se a trobar equivalents al català de tots els termes i d'incloure'ls al glossari, a pesar de l'elevat risc de crear algun mal neologisme, que espero que, donat el cas, no es perpetuï. No obstant, sovint es fa referència als termes originals per tal d'assegurar la fiabilitat de les explicacions garantint l'accés al terme original.

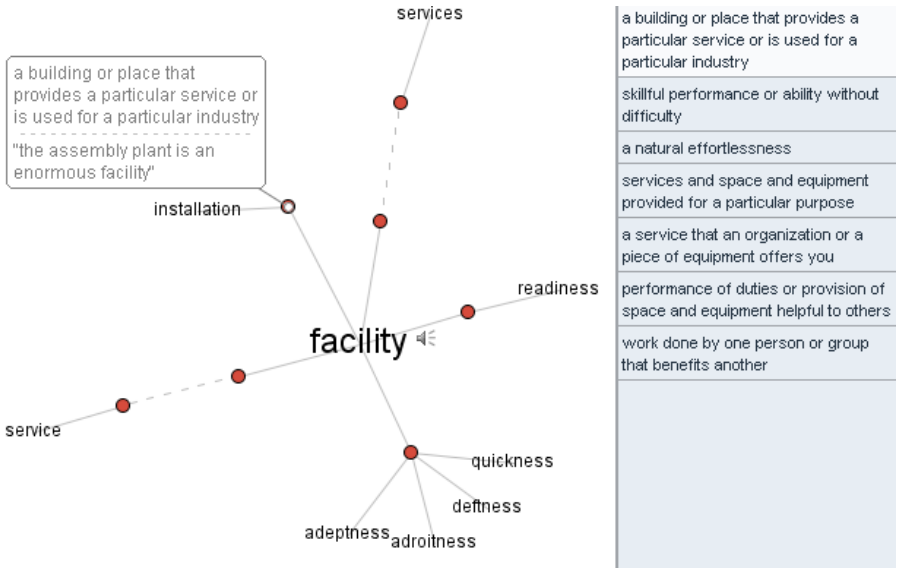


Fig. 1.2. Mapa terminològic de "facility" ofert per Visual Thesaurus. Cada punt vermell conté una definició en direcció al sinònim que es mostra.

· Estructuració de la documentació

La redacció d'aquest treball també s'ha hagut de planificar. Per a millorar la seva gestió, inicialment es van separar el textos en funció dels capítols que ocuparien, creant una estructura de carpetes adequada que contingués els documents de cada capítol. També es va crear una carpeta per als recursos compartits de la tesi (uns 3500 arxius), entre els que hi havia, per exemple, la plantilla d'estils per a tots els textos o el banc d'imatges. Per alta banda, s'han paginat els diferents capítols per a que fossin consecutius i es poguessin imprimir a doble cara. La actualització de l'índex i de les taula de continguts s'ha organitzat per a poder fer-se de manera automatitzada, per tal d'estalviar temps en la maquetació final. Això finalment ha obligat a generar un document unificat que s'ha revelat a la pràctica perfectament gestionable amb els sistemes informàtics actuals.

Un cop construïda l'estructura general de la documentació, es va buscar un mètode per organitzar els continguts de cada capítol. Al principi, es va emprar un llistat de continguts per a organitzar tot el projecte, en el que es detallaven els temes dels que es volia parlar, però més tard, vaig descobrir les eines d'elaboració de mapes conceptuals, molt més potents a l'hora

d'organitzar idees complexes, ja que permeten diversos nivells d'organització i la inclusió de tota mena de notes, relacions i altres vincles que són de gran ajuda. També s'ha invertit cert temps en panificar el temps de redacció en si, qüestió molt important si es vol arribar a una data concreta amb la feina feta.

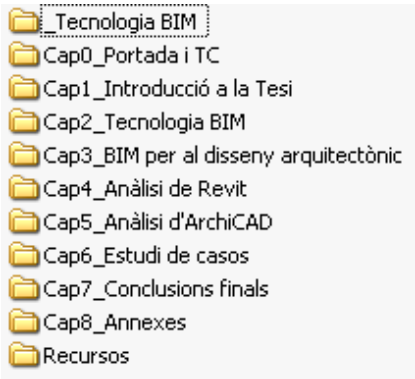


Fig. 1.3. Estructura de carpetes emprada.

1.2.2 FONTS CONSULTADES

La principal font d'informació ha estat Internet, sobretot durant els primers mesos, doncs actualment hi ha nombroses revistes electròniques, fòrums i blogs que parlen del tema. Aquestes fonts són molt útils per a recopilar informació general, però, degut a la escasa extensió de la majoria dels articles, no acostumen a aprofundir en cap tema en concret o tracten de qüestions molt concretes. Per altra banda, els detalls de cada aplicació BIM en concret es dedueixen millor dels blogs i dels fòrums d'usuaris, ja que la majoria d'aquests són independents dels fabricants. També s'ha detectat que la presencia a la xarxa dels diferents perfils professionals és molt desigual, predominant els autors amb estudis d'enginyeria de la construcció sobre els arquitectes. El mateix passa amb la seva nacionalitat, majoritàriament anglosaxona, i amb el tipus d'eines de les que parlen, que solen correspondre amb les que han tingut un major èxit comercial. Aquesta circumstància dificulta que es pugui recopilar informació sobre temes amb poca divulgació i des de perspectives minoritàries, ja que queden fagocitades pel gran volum d'informació existent sobre temes més estesos.

Una altra font d'informació molt important ha estat el material d'aprenentatge de les aplicacions. Aquest document, a banda de servir per a iniciar-se en l'ús del software, tenen la virtut de tocar quasi tots els temes, despertant la curiositat sobre aspectes concrets que poden ser ampliats amb la documentació d'auto ajuda i amb la pròpia experimentació. Per altra banda, també inclouen material didàctic sobre temes més generals, com la gestió dels projectes, el disseny amb objectes paramètrics o el BIM Management. Aquesta informació també pot ser trobada en les webs dels propis fabricants, en forma d'articles o vídeos d'una qualitat lloable. És evident, doncs, que els propis desenvolupadors estan fent un esforç didàctic important en aquest sentit, conscients de la necessitat de transmetre els valors subjacents de la Tecnologia BIM i de la Pràctica Integrada, com a pas previ a la venta dels seus productes.

També he assistit a diversos seminaris comercials que m'han servit per a tenir una idea general del que poder oferir algunes de les solucions que s'intenten comercialitzar aquí. Aprofitant la

oportunitat, he pogut intercanviar impressions i resoldre algunes qüestions amb tècnics d'alguns dels fabricants. Els comercials, en canvi, no han estat massa útils, ja que solien conèixer poc el producte que venien i encara menys el de la competència.

Més reveladors han estat els intercanvis d'impressions amb usuaris nacionals d'aplicacions BIM que les han aconseguit implementar als seus despatxos. Gràcies a ells, m'he pogut fer una idea de com ha estat el seu procés de migració, quines prestacions els hi han estat més útils i quines dificultats han hagut de superar.

Pel que fa al material imprès, només he pogut llegit tres llibres nord-americans del petit nombre dels que parlen sobre Tecnologia BIM. La gran majoria d'ells han estat publicats durant els anys 2008 i 2009, coincidint amb l'augment de l'interès general d'aquest tema. He de reconèixer que m'han sigut de gran utilitat a l'hora d'abordar els temes més complexos d'entendre o els menys divulgats a la xarxa.

En canvi, si que he trobat força literatura sobre arquitectura paramètrica en general i m'ha estat útil per a cobrir qüestions conceptuals, però donat que no és l'objecte del meu estudi, han resultat molts menys rellevants. També he llegit sobre aplicacions paramètriques al disseny industrial, cosa que m'ha servit per a comparar les seves capacitats amb de les solucions BIM i entendre perquè són diferents.

1.2.3 MATERIAL OBTINGUT

Bàsicament, el material obtingut consisteix en documents digitals que he anat recopilant en forma de notes, imatges, apunts i mapes conceptuals. També he conservat còpies de molts dels textos trobats a Internet, però de la majoria només m'he quedat amb l'enllaç. De fet, una de les tasques que s'han dut a terme en la revisió final ha estat elaborar una base de dades de les referències obtingudes que permetés indexar-les de manera eficient.

Pel que fa al material d'aprenentatge, he acumulat molt material de les eines que analitzo en aquest treball, així com currículums docents emprats a universitats nord-americanes. El cert és que el material d'aprenentatge que s'està elaborant últimament esta creixent espectacularment, especialment el de les aplicacions estudiades aquí (Autodesk Revit i Graphisoft ArchiCAD).

1.2.4 CRONOLOGIA DE LA RECERCA

La recerca va començar a principis de l'any 2006. En primer lloc, vaig indagar sobre la Tecnologia BIM i les aplicacions de disseny paramètric en general. Això em va servir per comprendre millor l'abast del tema que volia estudiar i poder acotar la investigació. Així, si bé al principi pretenia incloure alguna eina de disseny industrial per tal de comparar-la amb les especialitzades en arquitectura, més tard em vaig adonar que l'anàlisi de les aplicacions BIM per arquitectura ja em donaria prou feina i que, en tot cas, la comparació amb eines d'un camp tant diferent al nostre resultava poc útil. Aquest procés va donar peu a un primer treball de recerca anomenat genèricament "*Aplicacions per al disseny paramètric de models arquitectònics*" (abril

de 2006) document que, tot i que molt primerenc, em va servir de base per a la redacció del projecte de tesi.

Cap a l'agost de 2006 vaig concentrar-me en l'estudi del funcionament d'Autodesk Revit Architecture (llavors en la seva versió 8.1), amb la que ja havia entrat en contacte mesos abans. Vaig començar per aquesta eina perquè era la que prometia un plantejament més radical i coherent vers la tecnologia d'objectes paramètrics, semblava raonablement fàcil d'aprendre i gaudia d'una documentació de força qualitat i, sobretot, extensa. Afortunadament, no vaig errar en la decisió i el treball em va servir per a conformar la estructura general dels capítols d'anàlisi. Per altra banda, tot l'après fins aquell moment em va servir per a elaborar una conferència per al màster "*Disseny 3D i simulació visual en arquitectura"* el gener de 2007 i per a elaborar un informe preliminar titulat "*Autodesk Revit com a aplicació BIM"* l'abril d'aquell mateix any.

Un cop determinada amb major precisió l'estructura i abast de la tesi i amb l'experiència de la primera anàlisi, vaig abordar el segon; aquest cop sobre Graphisoft ArchiCAD. Simultàniament, seguia recollint informació sobre la resta d'aplicacions, cosa que m'ajudava a perfeccionar els conceptes generals sobre aquesta tecnologia. Aquesta fase de recerca va culminar en l'elaboració de l'informe Graphisoft ArchiCAD com a aplicació BIM el desembre de 2007 i en la elaboració dues conferències: "*Aplicaciones BIM para el diseño arquitectónico"* per al congrés EGA 2008 al gener de 2008 i "*Aplicacions BIM per al disseny arquitectònic"* impartida a l'Escola Sert el maig del 2008; també vaig repetir la conferència del màster anteriorment esmentat en la seva edició del gener de 2008. Simultàniament, vaig llegir el llibre "BIG BIM, little bim" (Finith, 2006) que em va fer adonar de la relació que hi ha entre el BIM i la Pràctica Integrada.

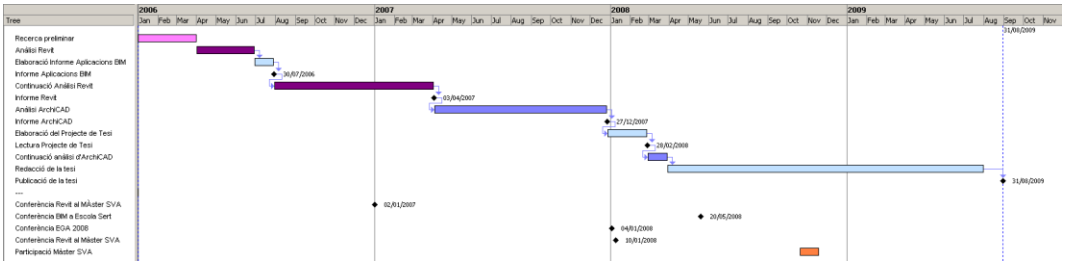


Fig. 1.4. Diagrama de la cronologia de la recerca.

A partir del desembre de 2007, vaig començar l'elaboració del projecte de tesi, que va ser-me molt útil per començat a testejar l'estructura definitiva de la tesi. Aquest document va ser presentat a finals del més de febrer de 2008. Un mes després, vaig enllestir l'anàlisi d'ArchiCAD, que havia deixat incomplet per a poder redactar el treball anterior, i vaig abordar la redacció dels capítols de la tesi que tractaven els contingut més generals, que no podia haver redactar sense finalitzar abans els meus estudis preliminars ni haver experimentat amb l'ús de programari concret. En l'aspecte documental, em van ser de gran ajuda els dos llibres sobre BIM publicats aquell any "*BIM Handbook*" (Eastman, et al., 2008) i "*Building Information Modeling*" (Kymell, 2008). També va resultar molt oportú el contacte amb les primeres experiències d'implementació de BIM i el curs sobre Revit impartit a finals de l'any 2008.

El resultat de tot plegat ha estat un treball amb uns continguts generals molt més extensos del previst en el projecte de tesi, però amb una quantitat d'anàlisi d'aplicacions menor. El gruix de

la redacció del nou esquema va finalitzar el juliol de l'any 2009, assolint-se la versió definitiva un any després, prèvia revisió d'alguns dels continguts que havien estat superats per posteriors investigacions. El setembre de 2010 vaig decidir donar per acabada la tesi, en considerar que la maduresa dels seus continguts i la vigència del que explicaven es trobaven en un equilibri acceptable.

1.2.5 OBSOLESCÈNCIA DE LA TESI

La Tecnologia BIM és un objecte en continu moviment que no es pot descriure des d'un únic punt de vista i de la qual no se'n pot fer una fotografia fixa que no aparegui borrosa en algunes zones. Així, doncs, qualsevol document extens que se'n redacti serà incomplet i correrà el risc de néixer antiquat si s'hi dedica excessiu temps en elaborar-lo. No obstant, és necessari escriure de tant en tant treballs que informin de l'estat de la qüestió des d'un punt de vista ampli que permetin entendre la naturalesa d'aquesta tecnologia i la direcció del seu moviment, ja que resulten indispensables per a aquells que volen situar-se i planificar projectes de recerca i desenvolupament que la segueixin de prop.

Les anàlisis de les aplicacions BIM tenen un període de vigència força curt pel que fa a les seves funcionalitats i prestacions concretes, però no tant en relació als seus motors interns. És possible que, al cap de poc temps de publicar-se aquest treball, alguna d'elles canviï prou com perquè quelcom del que s'hagi dit sobre ella quedi obsolet. Per aquesta raó, s'indica a cada capítol sobre quina versió del programa es parla. No obstant, l'objectiu d'aquestes anàlisis fou descobrir la naturalesa real de cada producte i aquesta evoluciona més lentament.

Un altra qüestió són la resta de temes, que molt probablement seguiran sent molt vigents almenys durant uns cinc o deu anys. Així doncs, com a qualsevol tesi sobre un tema relacionat amb les tecnologies de la informació, el màxim aprofitament s'obtindrà en el moment de la seva publicació, descendint el seu interès a mesura que passi el temps. Tot i així, els principis fonamentals de la Tecnologia BIM i la Pràctica Integrada tenen ja una llarga història, de manera que no seria d'estranyar que el que aquí es digui sobrevisqui més del previst.

1.3 ESTRUCTURA DE LA TESI

Seguint el procés de recerca, la tesi s'estructura en vuit capítols.

· **Capítol 1. Introducció**. Es parla sobre la tesi en si mateixa; objectius, estat de la qüestió, etc.

· **Capítol 2. Tecnologia BIM**. En aquest capítol es comenta tot el relacionat amb la Tecnologia BIM en general.

· **Capítol 3. BIM per al disseny arquitectònic**. Es parla sobre les implicacions d'emprar Tecnologia BIM en el disseny arquitectònic. També es descriuen les característiques generals de les aplicacions i eines BIM per al disseny arquitectònic.

· **Capítol 4. Anàlisi d'Autodesk Revit Architecture 2010**. S'analitza el producte comparant-lo amb les eines de CAD literal.

· **Capítol 5. Anàlisi de Graphisoft ArchiCAD 12**. Es descriu l'aplicació comparant-la amb les eines de CAD literal i amb Revit Architecture.

· **Capítol 6. Estudi de casos**. Es descriuen casos d'implantació d'aquesta tecnologia a nivell professional i curricular.

· **Capítol 7. Conclusions finals**. Capítol en el que es detallen les conclusions a les que s'ha arribat després de tot el recorregut. Es repassen temes ja exposats i se'n parla de nous, com ara les previsions de futur o la necessitat d'incloure el BIM en les institucions que suporten la indústria de la construcció .

· **Capítol 8. Annexes**. Conté el glossari i el llistat de referències que s'han d'emprar per a la realització de la tesi. També inclou l'índex.

Cada capítol s'estructurarà segons temes que es desenvoluparan seguint els apartats que es detallen en la taula de continguts.

1.3.1 ESTRUCTURA DEL CAPÍTOL SOBRE LA TECNOLOGIA BIM

Consta dels següents temes:

· **El context actual**. Relata les problemàtiques que ha d'afrontar el sector de la construcció i com la filosofia de la Pràctica Integrada en pot donar resposta. Situa la tecnologia BIM en aquest context i comenta l'experiència adquirida en el món industrial.

· **Tecnologia BIM**. Descriu els detalls tècnics i conceptuals de la Tecnologia BIM i de les aplicacions que la usen.

· **BIM durant el cicle de vida de l'edifici**. Explica com s'aplica la tecnologia BIM als diferents estadis pels que passa un edifici: promoció, disseny, documentació, licitació, execució, explotació i reciclatge.

1.3.2 ESTRUCTURA DEL CAPÍTOL SOBRE EL DISSENYAR AMB BIM

Consta dels següents temes:

· **Dibuixar, parametritzar, objectivar**. Permet entendre les diferències entre el disseny paramètric i el basat en BIM comparant-les amb les eines de dibuix literal, tant analògiques com digitals.

· **BIM per al disseny arquitectònic.** Explica les conseqüències que té emprar la Tecnologia BIM en l'exercici professional de l'arquitecte i en els dels seus col·laboradors.

· **Implementació de la Tecnologia BIM**. Explica com planificar la migració cap a aquesta tecnologia.

· **Aplicacions BIM per al disseny arquitectònic**. Comenta el ventall d'aplicacions i eines BIM que existeix al mercat per al disseny arquitectònic i en fa una mica d'història. També parla de les previsions de futur d'aquests productes.

1.3.3 ESTRUCTURA DELS CAPÍTOLS D'ANÀLISI

Cada anàlisi de les dues aplicacions escollides s'estructurarà en set temes que parlaran de temes similars per tal de facilitar la seva comparació. Són els següents:

· **Introducció**. Tracta els temes generals, com ara la història del programa o el seu posicionament en el mercat.

· **Gestió del projecte**. Entre altres, descriu l'estratègia que segueix l'aplicació per a gestionar la informació del projecte, parla d'aspectes com la organització dels fitxers o el treball multiusuari i multidisciplinar.

· **Organització espacial**. Cada aplicació organitza espacialment el model de l'edifici de manera diferent per tal de poder-lo gestionar tridimensionalment. Totes empren plantes com a elements bàsics de divisió, però cadascun té els seus propis mitjans per a situar els objectes a l'espai. Aquest tema s'ocupa d'això.

· **Visualització**. Tracta de com permet el programa visualitzar el model, tant des del punt de vista de la seva presentació com de la seva edició.

· **Modelat de la informació del edifici**. En aquest tema, s'explica com es generen i editen els objectes paramètrics i com els organitza en la base de dades de l'edifici.

· **Punts clau de l'aplicació**. A mode de resum, explica quins són els aspectes que la diferencien de la competència, quin és el seu posicionament en el mercat i quines són les seves expectatives de futur.

1.3.4 ESTRUCTURA DEL CAPÍTOL D'ESTUDI DE CASOS

El capítol d'estudi de casos es dedica a exemplificar la viabilitat de la Tecnologia BIM parlant d'uns pocs exemples de la seva aplicació a despatxos de Barcelona, així com de les experiències viscudes en processos de formació en l'ús de les aplicacions analitzades. S'estén al llarg de tres temes:

· **Casos d'implementació**. Descriu exemples d'implantació i posada en marxa de Tecnologia BIM en els processos de treball de tres despatxos d'arquitectura locals.

· **Casos d'aplicació**. Descriu la experiència d'aplicar BIM en tres projectes concrets desenvolupats per les firmes anteriors.

· **Casos de formació.** Relata les experiències pròpies i alienes pel que fa a la formació d'usuaris d'aplicacions BIM.

1.3.5 ESTRUCTURA DE CAPÍTOL DE CONCLUSIONS

Consta dels següents temes:

· **Reflexions sobre l'aprés.** En ell es descriuen les conclusions a les que s'ha arribat en base als estudis realitzats sobre la Tecnologia BIM en general i per al disseny arquitectònic, les aplicacions BIM analitzades i els estudis de casos.

· **La institucionalització del BIM**. S'argumenta la conveniència d'incorporar el BIM com a eina per a i en les institucions, des dels col·legis professionals a les universitats, passant per la pròpia administració.

· **El futur del BIM.** En aquest tema es parla de les previsions que té l'autor sobre l'evolució de la Tecnologia BIM en els àmbits que considera representatius de la seva aplicació.

· **Altres vies de recerca.** Donat que aquest treball cobreix una petita part de l'abast de la tecnologia, en aquest tema s'apunten diverses possibilitats per a encaminar posteriors recerques.

· **Epíleg**. Comenta les impressions personals derivades de la realització d'aquest.

1.3.6 ESTRUCTURA DE CAPÍTOL D'ANNEXES

Aquest capítol allotja diversos recursos que pretenen millorar l'aprofitament d'aquest treball per part del lector. Consta dels següents apartats:

· **Glossari.** Detalla la terminologia emprada.

· **Referències.** Descriu totes les fonts d'informació consultades o consultables en relació al tema de la recerca.

· **Índex**. Conté l'índex de referència del treball per tal de facilitar la cerca d'informació sobre conceptes concrets.

Capítol 2.
TECNOLOGIA BIM

2.1 EL CONTEXT ACTUAL

En aquest tema es parlarà del context en el que es desenvolupa la industria de la construcció i de com els processos que s'hi donen dificulten sistemàticament l'assoliment de molts dels objectius que anhelen les parts que hi intervenen. La construcció d'un edifici implica la participació d'una gran diversitat de professionals que solen pugnar contínuament els uns amb els altres malgrat que, en el fons, la majoria dels seus interessos són, en el fons, comuns.

Conèixer aquestes circumstàncies és essencial per entendre quin és l'interès de la Tecnologia BIM en general i quines són les seves aplicacions en el món actual. Tal com s'anirà veient al llarg d'aquest treball, aquesta tecnologia deu els orígens a la recerca de solucions a problemes relacionats amb la comunicació i el control, aptituds essencials en la construcció d'un edifici.

2.1.1 LES PROBLEMÀTIQUES COMUNES

A mesura que els edificis s'han anat sofisticant, la quantitat de professionals que participen en una construcció qualsevol ha augmentat constantment. Promotors, dissenyadors (arquitectes i enginyers), contractistes, industrials i operaris ja formen un grup prou nombrós, però no hem d'oblidar les entitats financeres, els usuaris o la mateixa administració, que també hi tenen molt a dir. Només aquest fet ja faria que la col·laboració entre tots ells fos difícil de bon començament. Però a més, cada grup de professionals sol treballar de manera molt autònoma i amb una actitud de desconfiança vers la resta. Així, és habitual que el promotor no es refiï de la solvència del contractista i de l'arquitecte i que aquest hagi de preocupar-se constantment que els operaris segueixin la documentació del projecte i que el promotor no faci retallades pressupostàries d'última hora.

Si analitzem els motius d'aquesta desconfiança, veurem que rauen en una sèrie de circumstàncies que es solen repetir en la majoria de processos constructius actuals i que podríem resumir en els següents punts:

- Ús d'informació dispersa i incompleta.
- Deficient comunicació entre els implicats en l'edificació.
- Manca de control del projecte i dels processos constructius.
- Planificació deficient.
- Processos de disseny poc interactius que es desenvolupen linealment.
- Projectes molt orientats vers el disseny que ignoren la resta d'interessos.
- Disseny i execució artesanals que no permeten optimitzar el producte.
- Modes de contractació que no incentiven la col·laboració entre les parts.
- Baixa formació instrumental dels professionals.
- Baixa productivitat de tots els processos.
- Predominança del risc.

Tots aquests factors estan molt relacionats entre ells. Per exemple, la falta de comunicació porta a la manca de control i a la disminució de productivitat. Per altra banda, si llegim amb atenció el llistat anterior, es pot deduir que tots els problemes tenen la seva arrel en uns processos deficientment planificats, amb objectius equivocats i ineficaçment executats. Com es

veurà més endavant, la Tecnologia BIM tracta, principalment, de millorar processos, tant creatius com productius.

Millorant aquests processos, s'aconseguiria que tots els participants d'un projecte d'edificació col·laboressin de manera eficient entre ells per assolir uns objectius comuns que, al final, podrien resumir-se en dos: obtenir la màxima productivitat (benefici vers treball) i controlar els riscos.

· Informació poc fiable i parcial

Els edificis són productes d'una gran complexitat. Estan formats per multitud d'elements, alguns dels quals es fabriquen in-situ i d'altres, a taller com a productes industrialitzats. En la seva construcció es combinen tècniques artesanals i robotitzades. Per altra banda, cada cop han de respondre a necessitats més estrictes, cosa que obliga a desenvolupar dissenys més sofisticats. Exemples d'això són les instal·lacions dels edificis, que en els últims anys han esdevingut una part molt important del projecte. També veiem aquesta tendència en l'àmbit normatiu, que va afegint requisits a complir (i justificar) any rere any.

En contraposició a totes aquestes exigències, ens trobem que tots els que participen en el totes les fases del cicle de vida d'un edifici empren eines molt primitives amb unes limitacions molt importants que impedeixen una adequada definició del producte i una comunicació fluida entre les parts. Informació i comunicació són els dos fonaments bàsics que permeten controlar tot el cicle de vida de l'edifici. Des de la seva promoció a la seva explotació. Com veurem una mica més endavant, la falta de control és un dels grans problemes de la producció arquitectònica. No només estem parlant de la manca de control d'uns vers a la feina dels altres, sinó també del desconeixement sobre el que un mateix està dissenyant.

Actualment les eines de CAD (*Computer Aided Design*) s'han implantat de forma generalitzada en els entorns de treball de tots els interventors del procés constructiu. Tothom fa servir eines informàtiques, però el nivell tecnològic del seu ús ha estat, en general, força baix. Les raons són múltiples i van des de la falta de formació fins als prejudicis que encara tenen cap a aquestes eines molts dels professionals del sector. Sigui com sigui, la majoria del software de CAD s'empra per a tasques que emulen les antigues tècniques manuals. En el camp del disseny, s'ha informatitzat la delineació i el modelat tridimensional, les memòries es fan amb processadors de textos i els amidaments amb aplicacions especialitzades.

Tots els implicats treballen mitjançant representacions bidimensionals, tridimensionals o alfanumèriques, físiques o digitals, dels aspectes que volen estudiar. Tantes com en necessitin. El problema és que aquestes representacions no estan necessàriament connectades entre si (una planta i un alçat poden ser perfectament incoherents si es no s'hi posa molta atenció en la seva creació), així que cada representació evoca, en el fons, un objecte diferent. Paradoxalment, malgrat que un edifici és una entitat unitària y global, cal estudiar-lo i desenvolupar-lo a partir d'infinitats de representacions que només tenen en comú allò que està en la ment dels seus creadors o dels que les han d'interpretar. Així, es generen plantes, seccions, axonomètriques, representacions tridimensionals, maquetes, bases de dades d'amidaments, etc. per tal de cobrir el màxim d'aspectes possibles del projecte que es desenvolupa. Cada representació s'ocupa d'una part molt determinada de l'edifici. Això té dos

problemes quan a la seva definició: no es pot assegurar que totes les parts encaixin a l'hora de la veritat i no hi ha la certesa de que hi siguin totes. De fet, mai encaixen i mai hi són totes.

Això és així perquè, en el fons, a pesar d'haver substituït el paper per la pantalla, tot el procés segueix depenent, en la gran majoria dels casos, de representacions parcials de les realitats o idees que es volen estudiar o desenvolupar. Aquestes representacions s'agrupen formant models (quelcom que hom crea per a estudiar una idea o realitat) que únicament són capaços de descriure els aspectes que reflecteixen de manera directa. Per això els anomenarem ***models literals***. El model d'una planta arquitectònica, per exemple, està format per les representacions en planta dels tancaments, el mobiliari, l'estructura i de tot allò que ens interessi que intervingui en aquesta simulació en concret. Aquests mateixos elements apareixeran en una secció que els travessi, però les seves representacions no mantindran cap vincle amb les que són a la planta. Així, una mateixa façana podrà tenir gruixos diferents si no ens cuidem d'evitar-ho. Com que les representacions que formen els models estan desvinculades, aquests són independents entre ells i, per tant, la seva fiabilitat és sempre relativa.

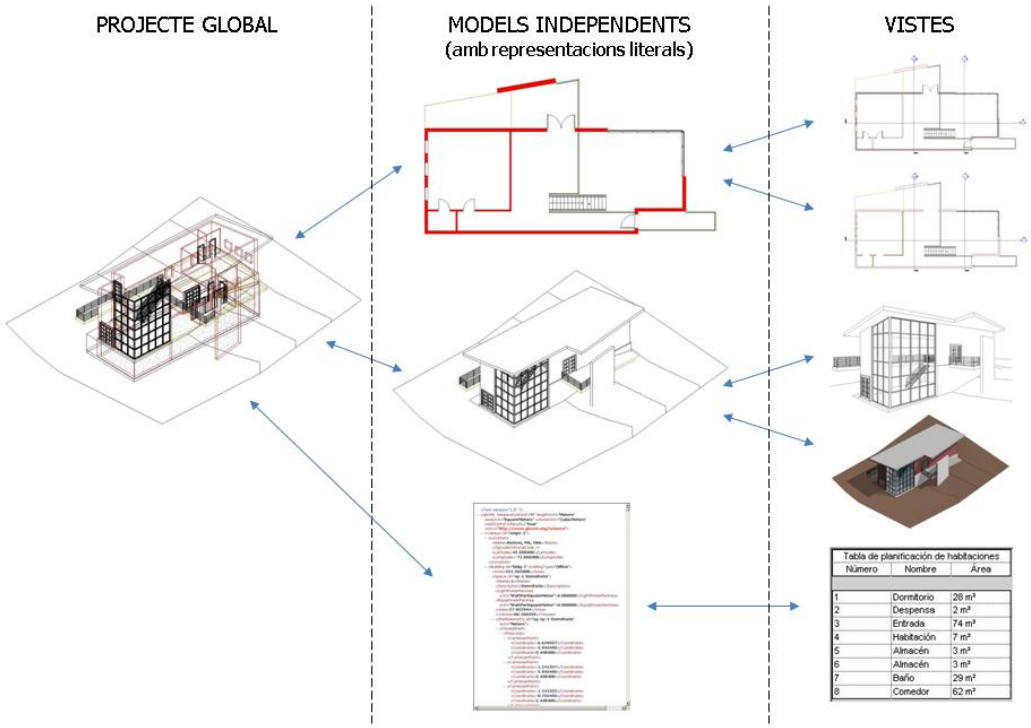


Fig. 2.1. Esquema que mostra com es treballa un projecte global a través de petits models independents que són manipulats a través de vistes. Comparar amb el de la figura 2.8.

Per altra banda, les entitats que conformen cada representació literal no solen estar vinculades entre elles. Així, la trama que representa una ombra no està vinculada al rectangle que representa una obertura, tot i estar íntimament relacionades en la realitat o idea que pretenen evocar. Els models tridimensionals per la seva banda, aconsegueixen representar força més informació formal que els bidimensionals, però pateixen les mateixes limitacions intrínseques. Per exemple, si decidim augmentar l'alçada lliure d'una planta, no només caldrà transmetre aquest canvi a tots els models que d'ella en parlin sinó que s'haurà de retocar manualment cadascun dels objectes de cada model. La informació dels models no només és incompleta, sinó que és redundant i incongruent.

Per això, les tecnologies basades en la representació literal, a banda de consumir grans quantitats de temps i recursos de tota mena (incloent els mediambientals), és molt donada a l'aparició d'errors en qualsevol punt del cicle de vida de l'edifici, els quals es solen propagar d'una fase a una altra. Això representa un elevat cost a totes les parts implicades. No obstant, fins fa pocs anys, s'han hagut d'acceptar sense més aquestes dificultats perquè no es disposava d'una altra alternativa realment viable.

Finalment, podem veure com la mateixa tecnologia que resulta insuficient per a controlar un projecte arquitectònic contemporani, també dificulta la comunicació entre les parts, ja que els models en si han de ser interpretats pels que hi accedeixen abans de poder-los emprar. No serveix de gaire que un arquitecte controli el seu projecte si la documentació que el descriu no és ben interpretada per la resta d'implicats.

En conclusió, tots els que intervenen en qualsevol de les fases del cicle de vida d'un edifici solen treballar amb eines que només permeten gestionar parts de la informació molt reduïdes i acotades a àmbits molt concrets.

· Comunicació deficient

A banda del problema de definir correctament les característiques de la promoció, el disseny, la construcció i l'explotació d'un edifici, existeix el problema de poder compartir la informació que cadascun dels interventors genera amb la resta d'implicats. El fet constructiu és un treball d'equip on hi participen nombrosos professionals. Entre promotors, funcionaris, arquitectes, enginyers, consultors, secretàries, contractistes, subcontractistes, industrials, operaris, compradors, usuaris i gestors rarament hi ha una comunicació fluida. Tots necessiten informació de la resta per a cobrir els seus interessos, però aquesta no arriba convenientment.

Els motius generals són tres. El primer és la pròpia naturalesa de la informació, que és dispersa, incompleta, incongruent i sotmesa a interpretació a causa de les limitacions de la tecnologia amb que es genera. El segon s'explica per la manca d'eines i estratègies destinades a millorar la comunicació en si mateixa. Per últim, el tercer es deu a que, amb els protocols actuals de desenvolupament de les fases del cicle de vida de l'edifici, els interventors solen coincidir només durant una fase en concret. Per exemple, els executors de l'obra coneixen a l'arquitecte en la fase de construcció de l'edifici, però no abans.

Si ens fixem en l'àmbit del disseny arquitectònic, per exemple, veurem que les eines de treball dels arquitectes estan basades principalment en la representació d'espais a través de representacions que només contenen informació d'aspectes molt parcials del seu projecte (plantes, seccions, perspectives, maquetes, memòries, etc.). Amb aquests recursos, l'arquitecte prova de cobrir el màxim de facetes del projecte, incloent aquelles que són difícilment representables amb aquesta mena d'eines, com ara les funcionals. Inevitablement, la documentació amb que treballa està altament fragmentada i desconnectada; la manca d'informació sobre el projecte és, doncs, endèmica. Als seus col·laboradors, enginyers o altra mena de consultors, els hi passa el mateix: la informació que generen i la que comparteixen és parcial i fragmentada.

La gestió mateixa de la informació es un problema. Cada projecte s'emmagatzema en multitud de fitxers electrònics, de seguida centenars, i no resulta fàcil estar segur de quin d'ells conté la informació més actualitzada o quins s'han de revisar. Això no només dificulta la comunicació, sinó també el control mateix del projecte, des de la seva concepció a la seva explotació.

Per altra banda, tota la informació ha de ser interpretada pel seu lector en base a un codi que sol ser força ambigu i que es propi de cada gremi professional. A més, cada fragment d'informació ha de ser complementat amb d'altres per a garantir la seva correcta interpretació. Per exemple: una planta pot contenir informació sobre l'amplada d'una obertura practicada en un mur, però per a saber la seva alçaria i posició vertical caldrà un altra representació (secció o alçat) que l'especifiqui i, segons com estigui grafiada, la barana pot ser confosa per una fusteria. Això fa que la comunicació entre les parts sigui molt feixuga i propensa als errors; i que sigui inviable que totes coneguin amb profunditat la part del projecte desenvolupada per la resta.

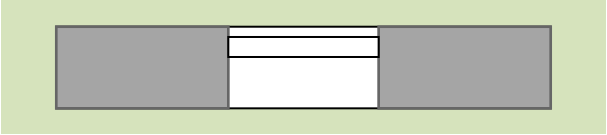


Fig. 2.2. Com s'ha d'interpretar aquest grafisme? És una obertura lliure amb una barana o un tancament fix?. La seva interpretació dependrà del context i de la consulta d'altes representacions que s'hi refereixin.

Si la comunicació entre professionals de gremis adjacents resulta complicada, encara ho és més amb el client, al qual se li informa esporàdicament quan es té prou documentació preparada perquè moltes de les decisions ja estan preses. Segons el perfil del client, estarà menys o més avesat a la interpretació d'aquesta informació, però pel gran volum que representa, de segur que trigarà temps en fer-se una idea del projecte. De fet, és quasi impossible que processi tota la informació del projecte. Només cal recordar que només la memòria d'un projecte senzill supera fàcilment les 200 pàgines.

A banda de tenir dificultats per a gestionar i processar la informació que elaboren, els despatxos d'arquitectura no solen disposar de tecnologies que facilitin una comunicació fluida entre els involucrats en un projecte. L'e-mail ha substituït el fax (que encara alguns empren) però no és una via prou dinàmica per a considerar-la una eina eficient. Quasi cap despatx d'arquitectura fa servir un sistema de comunicació on-line per a gestionar les seves comunicacions amb la resta d'interventors. Els missatges omesos o endarrerits són habituals i això fa que el flux de treball s'interrompi sovint. Els professionals estan acostumats a treballar sols i no disposen de bones estratègies de treball multidisciplinar.

Però encara que la qualitat de la informació sigui adequada i la comunicació, fluïda, de res no serveix si els interessats no són a la mateixa habitació. Per exemple, el contractista, amb informació fiable sobre els preus de les partides que calen per a executar l'edifici, no hi és quan l'arquitecte i el promotor el dissenyen; els futurs usuaris no poden participar de les decisions que afectaran a les prestacions de l'immoble; etc. És el que podríem anomenar ***desenvolupament parcel·lat***, doncs cap implicat treballa en un àmbit molt acotat en l'espai i el temps.

La falta de comunicació té doncs molt a veure amb la tecnologia emprada i en l'actitud dels participants. Canviar-les és indispensable per a millorar una manera de treballar que fa anys que va entrar en crisi.

· Manca de control

La falta de definició del projecte en si i de totes les variables que hi intervenen, així com la manca de comunicació entre les parts fa que cap d'elles disposin de la informació suficient com per a prendre decisions amb prou garanties. S'han de basar en suposicions en comptes de en fets, cosa que causa una gran sensació d'incertesa a tots els involucrats.

Aquest fet, a banda de ser l'origen de molts malentesos que degeneren en conflictes, resulta un gran obstacle per a la productivitat, ja que el cost dels canvis fets en els disseny d'un edifici va augmentant exponencialment a mesura que avança el seu cicle de vida. Si les parts mantinguessin una comunicació fluida i basada en la confiança, les modificacions del projecte es reduirien i es produirien en fases més primerenques. Per altra banda, la capacitat de qualsevol dels implicats de influir en el cost de producció segueix una progressió inversa, cosa que torna a demostrar que una bona comunicació en les fases inicials resulta essencial per a que els clients pugin controlar el projecte. Actualment, en canvi, habitualment els promotors coneixen els detalls de l'edifici que volen construir molt tard, quan ja quasi no tenen marge de maniobra. Amb els costos d'execució encara és pitjor, la licitació es fa quan està tot dat i beneït. No poden prendre decisions abans perquè no disposen de tota la informació que necessiten.

Òbviament, als arquitectes i als seus col·laboradors també els interessaria millorar la participació de la resta en el seu projecte, ja que les eines que empren els obliguen a concentrar la majoria dels esforços en les fases finals del projecte, moment en el que generen la majoria d'informació, però també en el que els costos de modificar el projecte es disparen.

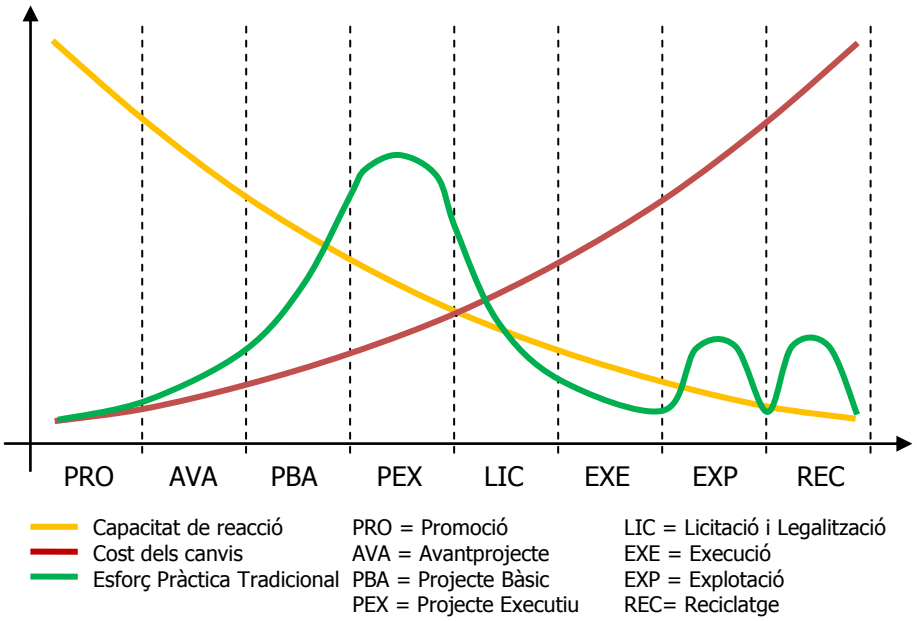


Fig. 2.3. Gràfica que avalua l'esforç dels dissenyadors en front al cost de fer-hi canvis al llarg del cicle de vida de l'edifici.

Els contractistes, per la seva banda, han de posar preu als amidaments d'un projecte acabat on es poden trobar amb solucions constructives que els hi son especialment dificultoses o cares de realitzar. No han pogut intervenir en el projecte per a proposar-ne d'altres que segurament, també haguessin estat del grat de l'equip de disseny i del promotor. Ara, qualsevol canvi pot suposar feina extra per a l'arquitecte i el promotor o tenir efectes imprevistos. Per altra banda, es troba amb una gran incertesa davant del projecte. No en té tota la informació perquè no pot processar-la adequadament, així que el grau de desconfiança amb el que es lligarà contractualment és alt. Per això, practica tota mena d'estratègies per a cobrir-se les esquenes davant d'imprevistos o de pressupostos de partida massa ajustats; estratègies que perjudiquen directament els interessos de la resta d'interventors.

Problemes similars es troben si analitzem el punt de vista de l'administració (moltes normatives s'originen per la impossibilitat de controlar els projectes al detall) i dels usuaris. Al capdavall, tot és una qüestió de manca de control per falta d'informació i de comunicació entre les parts.

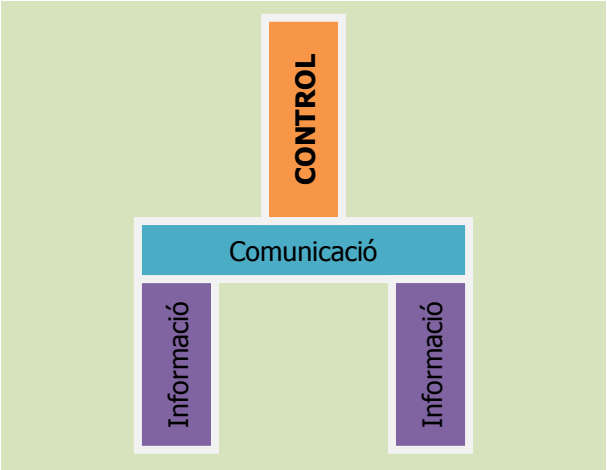


Fig. 2.4. El Control es recolza sobre dos principis fonamentals: que la informació existeixi i que s'hi pugui accedir. Si algun d'aquests principis trontolla, el control se'n veu perjudicat.

· Planificació deficient

La planificació en el món de la construcció és una de les assignatures pendents al nostre país i especialment del món de la construcció en general. Planificar vol dir organitzar de manera detallada el que hom es disposa a fer, per tal d'optimitzar el processos necessaris i poder preveure les seves necessitats i dificultats. Planificar també implica definir amb anterioritat les especificacions que haurà de tenir el producte i les restriccions que hauran de regir-lo.

Totes les fases per les que passa un edifici es desenvoluparien en millors condicions si els processos que s'hi donen fossin elaborats amb cura. En el nostre camp d'acció més habitual, el disseny i la construcció, la majoria de professionals no acostuma a planificar prèviament els passos que ha de seguir el seu projecte i quines fites s'ha de complir en cada etapa. Això es causa contínua de falta de coordinació entre les parts i d'endarreriments en els lliuraments.

La construcció de l'edifici tampoc es sol planificar convenientment. En el millor dels casos, el contractista gestiona de manera més o menys hàbil la intervenció dels seus industrials, però ho

sol fer quasi en temps real i sense una simulació prèvia del procés. Per això, sovint s'han de desmuntar instal·lacions per a poder col·locar-ne unes altres o improvisar canvis perquè alguna cosa s'ha fet abans d'hora o s'ha omès. Els arquitectes obvien la capacitat que tindrien d'intervenir en aquests aspectes perquè el sector tampoc ho considera.

Tot això sempre acaba influint negativament en la productivitat, ja que l'experiència demostra que un procés ben planificat resulta molt més eficient a l'hora d'executar-se. També és cert que, per tal de poder planificar correctament, es necessita tenir la informació adequada i poder confiar en la seva exactitud, així que difícilment es pot millorar aquest aspecte sense millorar els anteriors.

En l'entorn de treball dels dissenyadors, les tasques de planificació solen dur-les a terme els directors de projecte i els CAD Managers. Aquesta figura, comuna a altres països i exòtica aquí, és l'encarregada de gestionar tota la infraestructura tecnològica d'una firma dedicada al disseny. Té com a principal missió treballar per aconseguir que els processos de disseny siguin executats de la forma més solvent possible, a través d'un ús profitós de la tecnologia informàtica. Precisament, el recurs més potent d'un CAD Manager és la planificació.

· Processos poc interactius

Un procés interactiu és aquell que permet que hi hagi un diàleg entre el model i el seu modelador. Les eines tradicionals resulten poc interactives perquè tenen una limitada capacitat de mostrar en temps real el resultat de les modificacions efectuades en el model. El cas més fàcil d'identificar és el de les eines de delineació 2D, però les de modelat en tres dimensions tampoc solen ser gaire interactives perquè cada operació acostuma a requerir massa passos com per a permetre un flux de treball dinàmic. Tot i que s'ha evolucionat molt en aquest aspecte les eines més interactives de modelat tridimensional només resulten útils en les fases més primerenques del disseny, ja que la gestió de grans volums d'informació formal resulta dificultós des de les estratègies del modelat literal.

Aquesta deficiència rau en el fet que les eines de CAD literal tenen una capacitat molt limitada de relacionar les entitats que componen els models que creen i de relacionar models entre si. Estan molt especialitzades en la representació directa i, per tant, no permeten treballar amb entitats lògiques que interactuïn entre elles. Per exemple, un rectangle tant pot representar el marc d'una finestra o una taula, doncs l'eina de CAD els tractarà de manera idèntica perquè no té informació de la naturalesa d'aquell objecte, només de la seva representació. Si resulta, per exemple, que aquest rectangle vol representar una finestra i es canvia la seva forma, la resta d'entitats del model "alçat" no s'ajustaran a la modificació, ja que el model no conté informació relativa a aquesta relació. La seva representació tampoc s'actualitzarà en altres models com seccions o plantes. Per tot això, el treball amb l'element arquitectònic de la finestra resulta molt poc interactiu, ja que hom no pot experimentar amb fluïdesa de quina manera l'alteració de les seves característiques afecta a les seves propietats, com ara el seu comportament vers els rajos solars o l'espai interior.

Paradoxalment, les aplicacions més interactives de les que s'usen de manera generalitzada en el sector de construcció són les destinades a càlcul de pressupostos, però rarament són emprades com a eines de disseny.

Un altra aspecte de la interactivitat és la capacitat que tenen els processos per donar resultats que puguin ser aplicats a d'altres, permetent la seva evolució de manera paral·lela i establint interaccions recíproques. Actualment, el fet constructiu es desenvolupa com una cadena de processos que s'executen de manera molt lineal, separant-los en fases ben definides: promoció, avantprojecte, projecte bàsic, projecte executiu, licitació, execució i explotació. Cada fase s'alimenta de la informació de l'anterior, però les fases inicials no poden beneficiar-se de la informació que s'obtindria de les fases posteriors. Per exemple, la fase d'avantprojecte es basa en les dades que s'obtenen de la de promoció però no es capaç de donar informació gaire fiable sobre el cost de l'edifici perquè aquesta s'obté molt més tard en la fase de licitació o, com a molt aviat, al final del projecte executiu. En aquell moment, ja s'ha invertit massa esforç com per a que es pugui variar substancialment el projecte amb la qual cosa el promotor i l'arquitecte tenen molt poc marge de maniobra. El procés de promoció i de desenvolupament del projecte resulta molt poc interactiu per als implicats en aquesta fase. El contractista, per la seva banda, no pot influir en la redacció dels detalls constructius les especificacions dels quals puguin ser font de dificultats en la posada d'obra.

Com veurem més endavant, existeixen mecanismes per a aconseguir que alguns dels processos de les diferents fases es puguin solapar i per a que la informació necessària per avançar la presa de decisions estigui disponible en els estadis inicials del projecte. De fet, la majoria dels malencerts es cometen en les fases primerenques, ja que la informació disponible és molt menor. Altre cop veiem com els problemes de gestió de la informació tenen conseqüències en altres circumstàncies.

· Projectes orientats vers al disseny

Un cop establertes les bases d'un projecte en la fase de promoció, aquest passa a mans dels arquitectes i dels seus col·laboradors. Tradicionalment, aquests s'han preocupat principalment pels aspectes més relacionats amb el disseny formal, que és la disciplina que els hi es més pròpia i identificadora. Com que no han disposat mai d'eines ni de protocols eficients per a la comunicació amb la resta de parts implicades, la resta d'aspectes com ara la funcionalitat, la sostenibilitat o el cost, han estat paràmetres introduïts més com a requisits a complir a posteriori que com a veritables articuladors del disseny (tret d'aquells més directament lligats a la forma, es clar)

Si ens fixem en les eines que s'empren en el disseny, veurem que es basen totes en la representació d'aspectes formals i aquesta té poc a fer amb criteris que depenen de càlculs complexos, que per a ser una eina de disseny, precisen d'una gran interacció entre model i usuari. Pel que fa als protocols de comunicació, resulta molt excepcional la col·laboració continuada dels clients, contractistes i industrials en els departaments de disseny, cosa que obliga a l'arquitecte i als seus col·laboradors a treballar guiats pels seus propis coneixements i el que pugui interpretar de les necessitats de la resta d'implicats.

El client coneix els detalls del projecte a última hora, quan se li lliura tota la informació disponible. Anteriorment, ha tingut accés a part de la informació en les comptades reunions que ha mantingut amb l'arquitecte. Per altra banda, ha hagut d'interpretar tota la documentació que se li ha anat lliurant, ja que quasi tota està codificada (representacions bidimensionals). El pitjor és que en el moment dels lliuraments, la seva capacitat de maniobra és molt limitada. Per altra

banda, el cost del projecte, fonamental per a ell, està encara per determinar. L'únic del que es disposa és d'una aproximació molt poc fiable, ja que encara no s'ha licitat el projecte. A més, com que no ha pogut participar de manera activa, segur que es trobarà que l'edifici, un cop construït, té deficiències funcionals que l'arquitecte no ha sabut preveure o que, simplement, no li han estat comunicades. Molts pocs dissenyadors disposen d'eines per explicar el projecte de manera didàctica als seus clients. L'experiència demostra que les representacions codificades o les vistes tridimensionals que s'usen més comunament no són suficients per assegurar la total comprensió del projecte per part del client.

Cosa similar passa fins i tot amb els col·laboradors de l'arquitecte, ja que en la majoria de processos de disseny entren a participar-hi massa tard, on els condicionants per aquestes disciplines ja estan força establerts. Aquesta estratègia, fins i tot defensada ideològicament per alguns professionals, duu a la sistemàtica incompetència dels edificis en quasi totes les disciplines no essencialment arquitectòniques, fet que sol desembocar en ajustos t'ultima hora que malmeten el propi disseny de l'edifici o en un acompliment deficient dels requisits inicials del projecte. Afortunadament, aquestes imperfeccions no acostumen a tenir conseqüències fatals, però és evident que moltes d'elles podrien ser evitades simplement canviant la manera de treballar dels responsables.

Així, els promotors actuals tenen necessitats que l'arquitecte no acostuma a satisfer, com ara el control dels costos del projecte o l'eficiència del procés constructiu. Els contractistes, per la seva banda solen queixar-se que l'arquitecte sovint no pensa en la viabilitat constructiva del projecte (a nivell de muntatge dels components, per exemple). De manera homònima, els usuaris, al no poder participar en el projecte, s'han de conformar amb explotar el millor que poden el producte que se'ls ofereix, trobant-se amb deficiències en la seva funcionalitat quan ja no s'hi pot fer res.

Tot això ha contribuït a que els arquitectes hagin perdut molt del prestigi del que gaudien a principis del segle XX. Promotors, contractistes i usuaris no tenen, en general, una visió gaire benvolent de la seva aportació en el procés constructiu i existeix una clara voluntat de prescindir dels seus serveis, desig que, amb l'ajuda del procés de Bolonya pot acomplir-se si els arquitectes no aconsegueixen donar valor afegit a la seva feina des del punt de vista de la resta d'implicats en l'edificació.

· Disseny i execució artesanals

Tots sabem, i així ens ho ensenyen a l'escola, que el fet arquitectònic està basat principalment en processos artesanals. La fase de disseny es fa a mà amb l'ajuda d'eines de CAD literal que han aconseguit automatitzar alguns processos. Rarament es parteix de prototipus que permetin no començar de nou a cada projecte. És més, ni tan sols l'ús sistemàtic d'estàndards, llibreries i plantilles no està, ni de bon tros, universalitzat. Això fa que aquesta fase sigui summament tediosa i lenta i que el nivell de definició del producte al final d'ella sigui molt baix. Els edificis es construeixen en base a unes indicacions molt bàsiques que deixen molt detalls per entesos o per definir durant la direcció d'obra. En realitat, són els operaris els que acaben de donar forma al projecte. Fer-ho d'una altra manera fora impossible, no només per una qüestió de temps i costos, sinó perquè les eines que s'empren no poden gestionar tota la informació necessària per a definir un edifici fins a l'últim cargol.

Els operaris també treballen de manera artesanal, tot i que els components cada cop són més industrialitzats. Com que el projecte mai està del tot definit, l'edifici pateix moltes modificacions, algunes fins i tot severes. Per altra banda, el muntatge dels components que el conformen és lent i ple de dificultats, doncs no ha estat perfectament planificat en la fase de disseny. Els artesans de la construcció que sabien fer bé la seva feina tot sols quasi han desaparegut i son substituïts per instal·ladors que amb prou feines interpreten els plànols. Per anar bé, haurien de disposar d'unes instruccions de muntatge molt detallades, informació que actualment no està disponible en documentació d'obra. Per altra banda, els components mateixos, tot i estar industrialitzats, encara no estan preparats per a ser muntats de forma totalment previsible (com un moble del Ikea), havent de ser ajustats in-situ (retallant perfils, omplint escletxes amb massilla, etc).

Tot això fa que la fase d'execució d'un projecte sigui especialment llarga, molt més que la de disseny, plena d'imprevistos i de canvis espontanis de les especificacions del projecte.

· Modes de contractació no participatius

En l'apartat on es parla de la baixa interactivitat dels processos constructius, es comenta que una de les seves causes és l'evolució lineal del cicle de vida de l'edifici. Aquesta circumstància es dóna en el si dels processos de disseny però també en el procés general del fet constructiu. El més habitual és que es segueixi aquest ordre:

- Fase de Promoció:

1- El promotor selecciona un arquitecte per a desenvolupar un projecte.
2- L'arquitecte desenvolupa un avantprojecte i fa una estimació del seu cost.
3- El promotor verifica l'avantprojecte.
4- L'arquitecte esmena les deficiències detectades pel promotor.
5- El promotor torna a verificar l'avantprojecte i li dóna el vist i plau.

- Fase de Projecte Bàsic:

6- L'arquitecte desenvolupa un projecte bàsic.
7- El promotor verifica el projecte bàsic.
8- L'arquitecte esmena les deficiències detectades per el promotor.
9- El promotor torna a verificar el projecte bàsic i li dóna el vist i plau.
10- El promotor demana la llicència d'obres segons el projecte bàsic.
11- L'arquitecte esmena les deficiències detectades per l'administració.
12- El promotor torna a verificar el projecte bàsic i li dóna el vist i plau.

- Fase de Projecte Executiu:

13- L'arquitecte selecciona els seus col·laboradors i desenvolupa el projecte executiu.
14- L'arquitecte elabora el document definitiu d'amidaments i pressupostos.
15- L'administració verifica el projecte executiu.
16- L'arquitecte esmena les deficiències detectades per l'administració.

- Fase de Licitació i Legalització:

17- El promotor licita el projecte.
18- Els contractistes seleccionen els executors de l'obra.

19- Els contractistes seleccionen als industrials.
20- Els contractistes pressuposten el cost de l'obra.
21- El promotor selecciona el contractista.
22- Tots els implicats legalitzen les seves futures accions.

- Fase d'Execució:
23- El contractista construeix l'edifici sota l'auditoria dels tècnics.
24- El contractista entrega l'edifici i el promotor li dóna el vist i plau.

- Fase d'Explotació:
25- El promotor posa a la venda l'edifici.
26- Els usuaris seleccionen l'edifici.
27- El promotor entrega la documentació de l'edifici als usuaris.
28- Els usuaris exploten l'edifici.

- Fase de Reciclatge:
29- Els usuaris decideixen que han de reformar l'edifici o enderrocar-lo.
30- En cicle torna a començar.

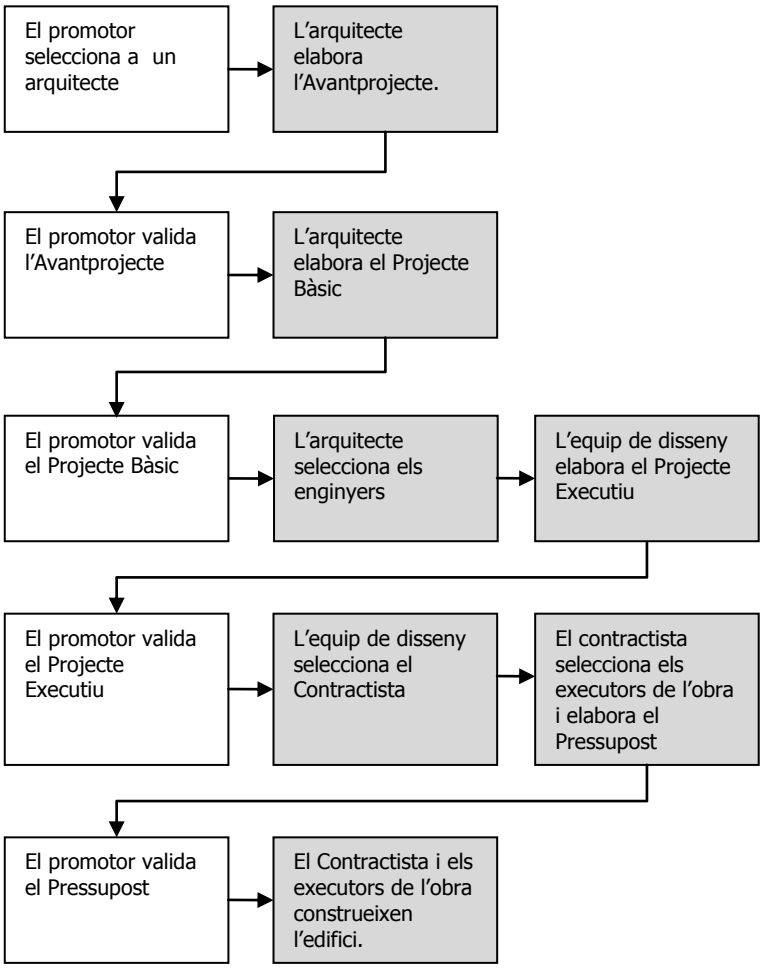


Fig. 2.5. Esquema de contractació més habitual actualment. Es tracta del model conegut com a "Disseny - Licitació - Construcció".

Segons les circumstàncies del projecte alguns dels passos es fan en un ordre diferent, per exemple, és habitual que l'arquitecte esmeni les deficiències detectades per l'administració mentre es duen a terme fases posteriors si aquestes no hi són incompatibles i també ho és que el promotor posi a la venda l'edifici abans de ser construït o que no necessiti vendre'l (per ser ell mateix el beneficiari), però a grans trets aquest esquema es repeteix.

Segons això, la majoria de seleccions dels recursos humans i materials necessaris per a cada fase (subratllades en la llista anterior) es basen principalment en una qüestió de preus, ja que, a banda de ser un factor important, normalment no es disposa de gaire informació més en relació a qui ha de prestar cada servei. Això fa que el producte ofert per cada professional tendeixi crònicament a minvar en la seva qualitat, ja que la vàlua del seu servei sovint no és presa en consideració.

Per altra banda, aquesta progressió lineal no permet que els implicats col·laborin entre si en totes les fases de l'edifici, ja que, en molts casos, ni tan sols es coneixen. Per tant, tot el procés està impregnat d'una certa desconfiança mútua, no només per la falta d'informació, sinó perquè tothom es malfia del resultat d'uns honoraris fixats a la baixa.

· Baixa formació instrumental

La majoria dels que intervenen en la construcció d'un edifici han viscut la revolució de les tecnologies de la informació i s'hi han hagut d'adaptar. No obstant, el nivell de sofisticació de l'ús d'aquestes eines ha estat, en general, molt baix. De fet s'empren de manera similar al de les antigues eines analògiques, sense aprofitar tot el seu potencial. De tota manera, tampoc es pot dir que hagin evolucionat molt en l'última dècada. Els processadors de textos, el software d'amidaments, els fulls de càlcul, les connexions a Internet, els clients de correu o les eines de delineació han millorat constantment, però en essència segueixen basant-se en els mateixos principis.

Això és així perquè existeix poc interès per dotar als professionals del sector de bones competències en aquests temes. És compleix amb el mínim sense tenir en compte que qualsevol activitat productiva depèn totalment de la tecnologia que s'hi empra, fins al punt que no només la fa viable o no, sinó que també contribueix a definir-la. L'arquitectura contemporània està plena d'exemples d'edificis que no només no hagueren estat possibles sense l'ús de tecnologia computacional avançada, sinó que han estat concebuts gràcies a ella. No obstant, el gruix del sector de la construcció gira l'esquena a aquesta evidència.

Però encara que el grau d'instrumentalització dels professionals fos alta, les exigències actuals de qualitat, productivitat i eficàcia estan accelerant l'obsolescència de les eines de CAD tradicionals. Com ja he dit, totes les eines que s'empren en el sector de la construcció, amb algunes excepcions, estan destinades a la creació de models literals que resulten molt poc adequats per al tractament del gran volum d'informació que precisa un projecte arquitectònic actual. Tampoc ho són per a una planificació rigorosa de l'execució que exigeix el nostre temps

De fet, atès que qualsevol procés productiu depèn de la tecnologia que s'hi empra, resulta impossible millorar substancialment les condicions del treball arquitectònic sense una millora de la formació instrumental dels seus participants. El problema és que millorar aquesta formació

pot resultar difícil per a aquells despatxos que no han fet aquesta inversió abans, ja que la seva productivitat haurà estat molt baixa durant molt de temps, i això haurà fet que el marge de beneficis sigui cada cop més estret. Amb l'actual crisi immobiliària, hi ha molts despatxos que no poden aprofitar aquest període de descans per a formar-se perquè, malgrat que havien tingut molta feina, no van poder estalviar el suficient perquè les seves despeses de producció eren molt altes. Per altra banda, la majoria de despatxos funcionen gràcies a personal mal pagat amb formació autodidacta (estudiants d'arquitectura o delineants projectistes) i alta temporalitat que difícilment estaran capacitats per liderar aquest canvi. Cal però trobar solució a aquest problema. Esperem que la crisi i les actuals subvencions per a la formació puguin ajudar a sortir d'aquest cercle viciós en el que han caigut els arquitectures per mèrit propi.

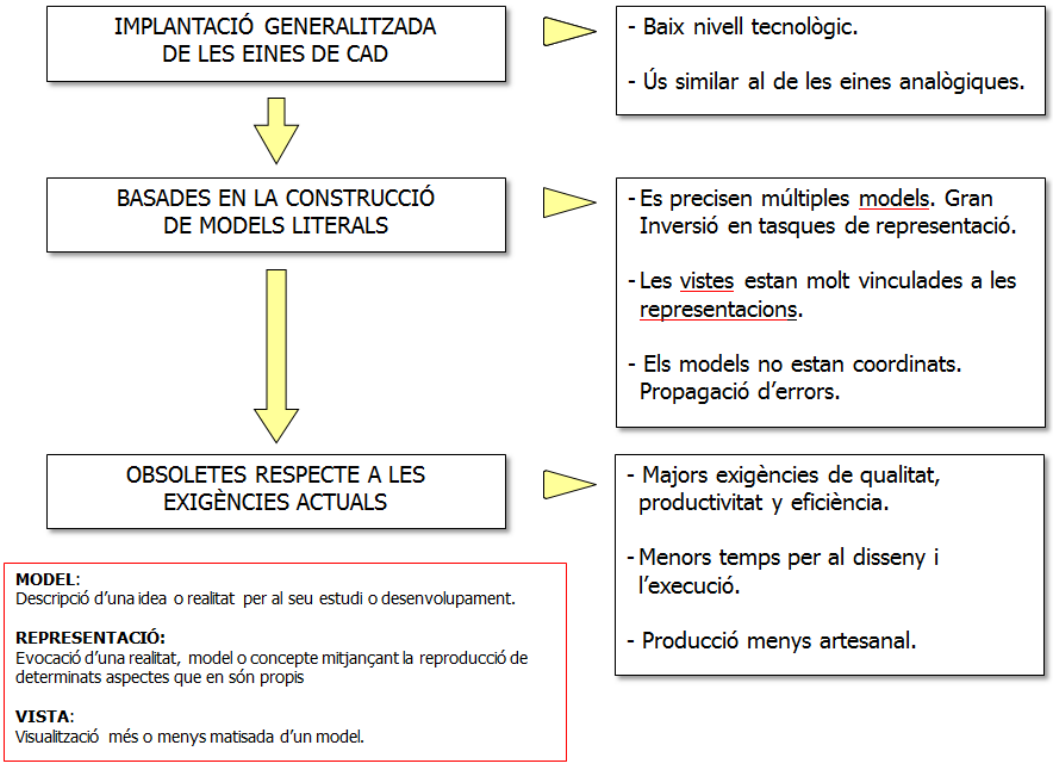


Fig. 2.6. El nostre context tecnològic està obsolet enfront de les exigències actuals.

· Baixa productivitat

La conseqüència comú de totes aquestes deficiències és una baixíssima productivitat. La productivitat és important perquè és el factor que acaba avaluant l'eficiència de cada procés. La productivitat relaciona els recursos invertits amb el resultat obtingut per a les dues parts, la que presta el servei i la que el rep. Millor productivitat no significa només guanyar més diners, sinó fer la feina millor. Produir el mateix amb menor temps incrementa els beneficis o permet afegir valor al producte sense allargar terminis i costos. Fer-ho amb menys gent permet també dedicar el personal a altres tasques o, simplement, viure millor. Per això, la productivitat és important.

Si es compara amb la resta de sectors industrials, el de la construcció ha estat l'únic en el que la productivitat ha disminuït en els útils cinquanta anys. Podríem atribuir tota la culpa als

arquitectes, els quals tradicionalment han prestat poca atenció a aquest factor (principalment per la seva formació), però tenint en copte el gran nombre d'implicats en la construcció d'un edifici, tal afirmació no seria gens acurada, doncs tothom contribueix, en major a menor grau, a aquesta situació.

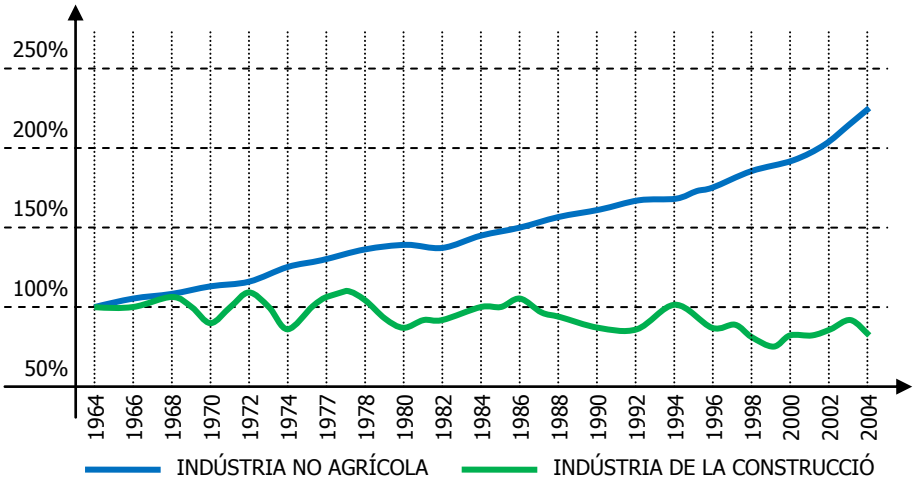


Fig. 2.7. Gràfica comparativa de l'evolució de la productivitat de la indústria no agrícola i la de la construcció (Eastman, et al., 2008)

La veritat és que l'arquitecte és la figura de la qual s'espera que coordini tot el procés, ja que és present durant quasi tot el cicle de vida de l'edifici i a més, se li suposa una formació generalista que la resta d'implicats no tenen. Ens agradi o no, a ulls de la resta d'interventors, té la responsabilitat de gestionar els recursos disponibles per tal que el projecte d'edificació arribi a bon port. Per això, és el professional més indicat per a liderar un canvi en la forma de treballar del sector de la construcció.

· Predominança del risc

L'altre denominador comú és la predominança del risc. La falta d'informació, de control, de planificació fan que les probabilitats de que quelcom surti malament siguin elevades. De fet, un projecte *mai* s'executa com estava previst. Això resulta particularment greu donada la poca flexibilitat dels processos (l'esmentada manca d'interactivitat) i la dificultat per a modificar el producte un cop fabricat. Això fa que l'activitat professional de l'arquitecte estigui plena de risc i hagi de pagar fortes assegurances. Però també la del promotor, que pot arruïnar-se y la del contractista, que pot acabar treballant per no res i fins i tot devent diners als seus subcontractats. Per això, la relació entre els interventors esta regida pel principi de desconfiança del que parlàvem al principi, alimentat del risc que suposa treballar en les circumstàncies que s'han comentat en aquest apartat.

2.1.2 LA SOLUCIÓ DE LA PRÀCTICA INTEGRADA

Afortunadament, aquest panorama ha anat degenerant amb prou lentitud com per a donar temps a que les seves problemàtiques s'anessin estudiant internacionalment per diferents professionals i es comencessin a posar en pràctica solucions innovadores. Bàsicament, es tracta d'entendre que cal treballar el fet constructiu mitjançant estratègies i eines que permetin

abordar-lo de manera integral, maximitzant la coordinació entre les parts implicades i garantint la màxima optimització de la informació generada per cada implicat.

Aquest objectiu, que fa més de trenta anys que es persegueix, en els últims anys s'està fent realitat gràcies a l'eclosió de noves tecnologies informàtiques orientades a la gestió del coneixement. Per analogia amb l'apartat anterior, la *Pràctica Integrada* és una estratègia de treball enfocada a:

- Generar informació fiable que cobreixi tots els aspectes del projecte.
- Garantir una comunicació eficient entre totes les parts involucrades.
- Augmentar el control del projecte.
- Planificar rigorosament tots els processos implicats en el cicle de vida de l'edifici.
- Dissenyar i construir mitjançant processos interactius.
- Orientar el projecte cap a satisfer les necessitats reals del client i dels usuaris.
- Dissenyar evolutivament i construir de forma més industrialitzada.
- Emprar modes de contractació participatius que incentivin la col·laboració entre les parts.
- Dotar de formació instrumental adequada als professionals implicats.
- Millorar la productivitat.
- Controlar els riscos.

Tal com es pot suposar, assolir aquests objectius requereix no només una evolució tecnològica important, sinó també un canvi profund en la mentalitat de totes ls parts implicades: promotors, usuaris, arquitectes, enginyers, contractistes, industrials i la mateixa administració han de canviar alguns dels seus hàbits més consagrats per donar resposta a les necessitats actuals. De tots ells, el gremi dels arquitectes juga un paper molt important al ser un engranatge que està en contacte amb tota la resta. En la meva opinió, des de la disciplina del disseny arquitectònic es pot liderar aquest canvi. Per altra banda, els arquitectes sempre ha mostrat interès per a influir la societat i la cultura a través del seu treball. Ara és el moment.

· Informació fiable i global

El primer que cal fer per a millorar un procés qualsevol és assegurar-se que la informació amb la que es tracta es fiable i esta completa. Per aquesta raó, la Pràctica Integrada es preocupa molt de gestionar-la correctament. Per a tal missió fa temps que es desenvolupen metodologies de treball i aplicacions informàtiques que van en la direcció d'emprar models coordinats enter si que disminueixen les tasques redundants i la proliferació d'errors.

En el camp de les aplicacions de CAD tradicional, el que s'ha fet és anar incorporant automatismes i capacitats de gestió del coneixement a les eines de representació; alhora que els sistemes de vinculació d'arxius han anat millorant amb la fi d'aprofitar la mateixa informació per a diversa documentació. Les referències externes d'AutoCAD són un exemple d'això, com també ho són las prestacions d'importació de dades de qualsevol programa de càlcul estructural. També les eines de CAD han anat incorporant la capacitat d'incloure informació no gràfica a les entitats dibuixades, procés que ha culminat amb les eines GIS actuals, però que també podem identificar en un simple bloc d'atributs d'AutoCAD. D'aquesta manera, el CAD s'han anat fent menys literal, cosa que ha permès millorat la situació, però no ha aconseguit eliminat l'origen del problema.

Si es volia anar més lluny i acabar amb les conseqüències d'haver de treballar amb una multitud de models no connectats, era necessari idear una nova generació d'aplicacions que empressin bases de dades com a substrat del disseny i la planificació en comptes de representacions literals. En els últims anys, s'ha demostrat que aquesta estratègia té un gran potencial al permetre emmagatzemar informació de molt diversa naturalesa i de relacionar-la. Això millora molt la capacitat de cerca i control de la informació per part dels usuaris. Però per a poder emprar-la, cal ***discretitzar-la***, es a dir, transformar-la en camps agrupats en registres, ja que d'aquesta manera es racionalitza i es pot tractar d'una manera objectiva.

Els anomenats ***models d'informació*** són bases de dades que contenen objectes paramètrics amb informació que descriu els aspectes clau de cadascun d'ells. Es basen en la descripció de realitats o conceptes mitjançant dades discretes que després són visualitzades sota diferents formats per a la seva edició o anàlisi. Per exemple, podem descriure diferents característiques d'una finestra qualsevol: les més evidents serien les geomètriques (alçària, amplada, gruix dels muntants, espessor del vidre, etc.), però també en podríem afegir d'altres, com ara els materials, la transmissibilitat tèrmica, el fabricant, el cost, l'orientació solar, quin operari la muntarà i qualsevol altra que necessitem. La finestra no està descrita (representada) com un grafisme bidimensional ni com un objecte tridimensional, ni tampoc com unes entrades en full de càlcul; es descriu segons tots els seus paràmetres i després es mostra d'acord a les nostres necessitats. Així, en comptes de representar literalment cada propietat de l'objecte per separat, es representa paramètricament l'objecte, descrivint la seva naturalesa polifacètica i relacionant les propietats que en són interdependents o que estan subordinades a les característiques d'altres elements del model. En definitiva, es representa la informació que es té de l'objecte.

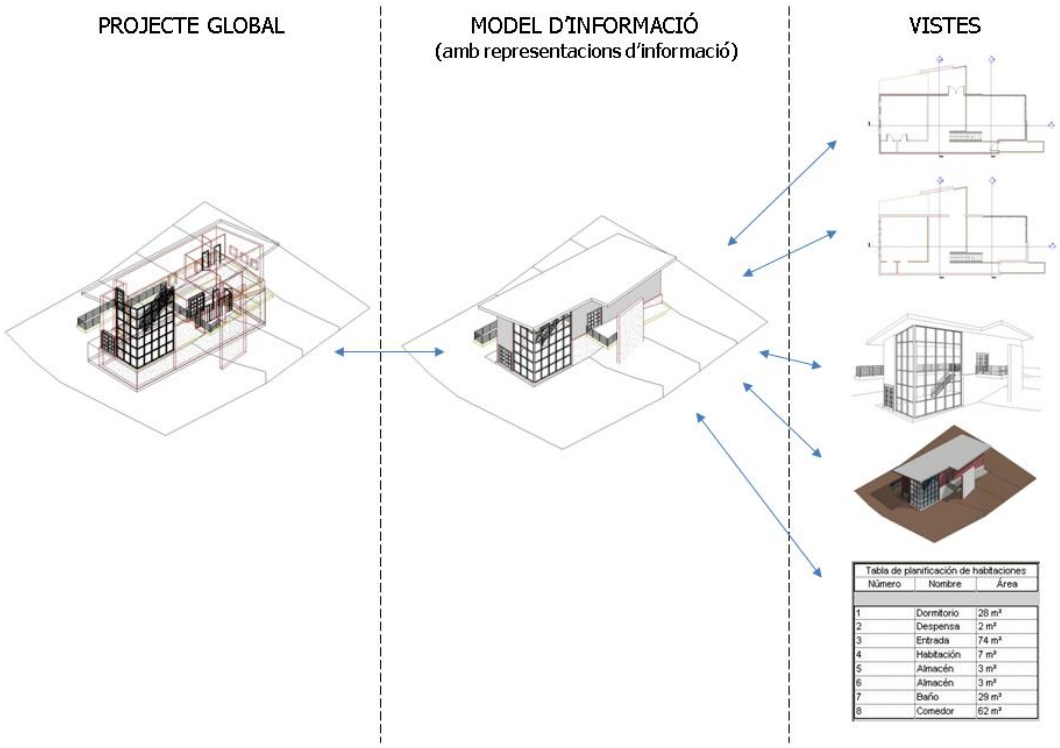


Fig. 2.8. El model d'informació conté representacions paramètriques i polifacètiques de les propietats dels elements arquitectònics, les quals són mostrades a través de visualitzacions gràfiques o alfanumèriques. En la pràctica actual, aquest esquema es complica al no poder encabir tota la informació en un únic model, però és d'esperar que aquesta limitació es vagi dissolent amb el temps.

La idea és la de generar un model que contingui el màxim de l'edifici per a que sigui útil a totes les disciplines que intervenen en el seu cicle de vida Com que està basat en bases de dades (en comptes d'estar-ho en representacions inconnexes) cada característica de cada objecte del model té el potencial de relacionar-se amb la resta, siguin o no de la mateixa naturalesa. La informació és descriu una vegada i s'emmagatzema en cada objecte, així que sempre és coherent independentment de com es visualitzi. També és polifacètica, ja que pot tocar tants aspectes com es desitgi. Això augmenta enormement la fiabilitat de la informació disponible, ja que les possibilitats de trobar-ne alguna de contradictòria desapareixen si aquesta prové del mateix model d'informació.

Per altra banda, és important remarcar que aquesta estratègia fa possible generar un veritable ***prototipus digital*** de l'edifici, ja que permet crear quelcom que anticipi el que s'obtindrà quan es construeixi, tant pel que fa a les seves característiques formals com a les relacionades amb el seu comportament físic (qualitat acústica, aïllament tèrmic).

Naturalment, la dificultat d'emprar aquesta tecnologia és que, per treure'n profit, precisa d'eines capaces d'implementar-la de forma efectiva i que l'objecte d'estudi es defineixi de manera objectiva. Aquest últim requisit, que hauria de ser intrínsecament positiu, és el principal escull que han de superar els arquitectes, ja que el seu procés creatiu està molt avesat a emprar representacions vagues d'idees sense completar. De fet, sempre es juga amb un gran nivell d'ambigüitat, sobretot perquè realment no es pot arribar a controlar gaires aspectes d'un edifici mitjançant l'ús exclusiu de models literals; en caldrien masses. El problema és que aquest nivell d'indefinició i ambigüitat arriba a l'obra, on tot acaba sent implacablement definit. Amb l'ús de Models d'Informació, en canvi, tot ha de quedar descrit, encara que es disposi de poca informació. Això s'aconsegueix modelant objectes amb un baix nivell de detall. En el Capítol 3 es parla extensament d'aquest i d'altres temes relacionats amb el disseny a través de BIM.

· **Comunicació eficient**

Per a millorar aquest factor tant important, es precisa emprar uns protocols adequats de comunicació i també uns sistemes de documentació que germanitzin l'accés de tots els implicats a tota la informació de manera fiable i en qualsevol moment del cicle de vida de l'edifici. Efectivament, si s'aconsegueix treballar colze amb colze amb tots els interessats en que un projecte arribi a bon port, segur que s'aconsegueixen millors resultats per a totes les parts. Els beneficis són múltiples, dels quals, podríem citar-ne alguns:

- Els promotors poden auditar tot el procés i calcular els beneficis de la seva inversió en les fases més primerenques del projecte, on encara és possible prendre decisions d'importància.
- Els promotors poden participar en el projecte que més tard hauran d'explotar.
- Els usuaris disposen d'informació fiable sobre l'edifici que hauran d'adquirir o mantenir.
- L'administració pot conèixer molt millor les característiques dels edificis.
- La confiança entre les parts augmenta considerablement.
- La rendibilitat augmenta per a totes les parts.
- L'equip de disseny treballa de forma coordinada i sense ajustos d'última hora.
- Els contractistes poden afinar els seus costos al conèixer perfectament el projecte. També són capaços d'executar l'obra de forma més eficient.

- Els arquitectes poden dissenyar segons els components que muntaran els industrials
- La gestió del bé immoble millora considerablement a tots nivells.
- Els errors de disseny i els imprevistos en la fase d'obra es redueixen.
- La sostenibilitat de la construcció millora. S'estalvien recursos en totes les fases.
- La informació redundant desapareix.

Tot això pot semblar força utòpic, però s'ha demostrat que aquesta manera d'enfocar el problema resulta molt rentable perquè totes les parts es veuen beneficiades. Per això actualment la gestió de la comunicació i el treball col·laboratiu és un important focus d'interès. És tracta d'un món en expansió que no es pretén abordar en aquest treball, però que és important citar per a situar l'àmbit d'acció de la Tecnologia BIM. Prova d'això és el gran nombre d'aplicacions informàtiques que hi ha al respecte, com ara Autodesk Buzzaw, Autodesk Construcware, la suite de serveis web de 37Signals' (Basecamp, Highrise i Campfire), Arch Street Software Portfolio Digital Practice Tools, entre d'altres.

La millora de la comunicació entre les parts és un pilar fonamental de la Pràctica Integrada, fins al punt que els més avançats en aquesta pràctica han reestructurat tots els seus processos de disseny a fi i a efecte de poder comptar amb la col·laboració de tots els implicats en un mateix espai i temps. Experiències amb les anomenades "Big Rooms" (sales que s'equipen per a que tots els col·laboradors d'un projecte puguin treballar junts) han demostrat que l'increment de productivitat i la disminució d'errors i omissions compensen amb escreix la inversió en aquest aquesta senzilla infraestructura. El fet constructiu és un procés multidisciplinar i no té sentit seguir treballant com si no ho fos.

Fig. 2.9. La gestió del projecte col·laboratiu permet posar en comú els interessos de totes les parts (Autodesk, 2008).

Però si es vol que totes les parts puguin accedir a la informació, cal disposar de mecanismes per a organitzar-la de manera eficient. Cal garantir l'accés fluid a tota la documentació del

projecte i per això, és necessari un sistema que permeti que cada usuari pugui trobar la informació que li interessa ràpidament i de manera inequívoca. S'ha d'eliminar la informació redundant i establir el màxim de vincles entre les dades per tal d'aprofitar-les al màxim. Això és important per una qüestió d'economia de recursos i de productivitat, però també per una qüestió de fiabilitat. Si dos models descriuen un mateix element (encara que sigui des de punts de vista diferents), l'única manera de garantir que mai es contradiran és vincular el contingut d'un al de l'altre.

La tecnologia dels models d'informació torna a jugar un paper clau en aquest tema, ja que permet que la informació es centralitzi i s'optimitzi al màxim. Les bases de dades són molt més adequades a l'hora d'accedir a la informació que les representacions literals. Per altra banda, com que també cal solucionar els problemes de traducció dels llenguatges propis de cada gremi, la capacitat que tenen els models d'informació de mostrar el seu contingut segons diferents codis resulta de gran ajuda. Per exemple, una distribució pot treballar-se des d'una planta esquemàtica per l'arquitecte però visualitzar-la com una axonometria acolorida per al promotor. Amb les tecnologies basades en la representació literal, ambdues vistes partirien de dos models diferents amb informació duplicada.

No obstant, l'estandardització dels processos i els protocols de treball en equip segueixen sent de gran importància; així com la gestió tecnològica en general de l'entorn productiu. La figura del CAD Manager pren protagonisme en l'àmbit de la Pràctica Integrada, ja que és el professional qui pot dirigir l'adopció dels estàndards i dels protocols de treball necessaris, així com la implementació de les tecnologies adequades. La seva feina resultarà cada cop més complicada si es segueix treballant amb tecnologia que només permet crear models literals, ja que tendeix, per naturalesa, a la multiplicació de dades i a la redundància. En canvi, la Tecnologia BIM és un recurs que li està resultant crucial a l'hora de trobar solucions als problemes relacionats amb la gestió del projecte i el treball col·laboratiu.

Per altra banda, els problemes de comunicació derivats de la falta d'informació i la seva ambigüitat minven considerablement quan es disposa d'una base de dades multivista. Si una de les vistes resulta ambigua, se'n pot consultar una altra sense témer que en sigui incoherent. Fins i tot se'n pot crear una de nova si és necessari. En l'exemple de l'apartat anterior de l'ampit de la finestra, només caldria crear una secció vertical per la zona per a tenir-ne més informació.

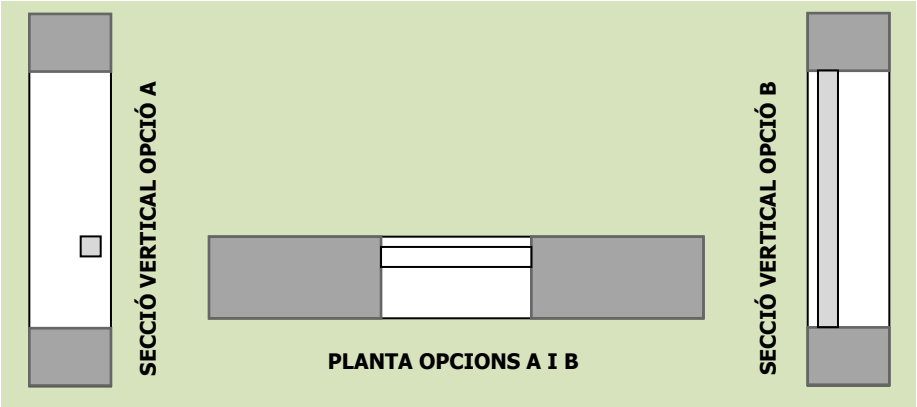


Fig. 2.10. Una secció vertical per l'obertura aclarirà si les dues línies representen una barana o un tancament. Amb un mode d'informació, aquesta consulta es podria fer en qualsevol moment.

Finalment, cal comentar que en la gestió de la informació continguda en els models d'informació apareix un nou problema que en els models literals era trivial. Es tracta de la *interoperabilitat*, és a dir, la capacitat que tenen les aplicacions d'intercanviar informació. Quan els models contenen una quantitat de coneixement i intel·ligència limitat, la seva transferència és molt senzilla. Però a mesura que aquesta augmenta, resulta molt més complicat passar d'un format a un altre perquè l'estructura de les dades que empra cada aplicació és diferent. A més, hi ha el problema dels formats propietaris, que, per raons comercials, contenen informació que només es accessible al productes de la mateixa marca. Per exemple, per a que les dades sobre el cost d'un material introduïdes des d'una aplicació de modelat d'informació sigui analitzada des d'una eina de control de costos, cal que aquesta sigui capaç de llegir aquestes dades del model d'origen. Per això es va desenvolupar el format d'intercanvi IFC (del que es parlarà més endavant) però, degut a la complexitat de la informació que contenen els models, els desenvolupadors estan tendint a ampliar les possibilitats de les API's dels seus programes i a establir acords d'interoperabilitat entre fabricants. El potencial de negoci de la Pràctica Integrada és tan prometedor que fins i tot companyes rivals com Autodesk i Bentley, van firmar recentment un acord per a que els seus formats fossin transparents per a les aplicacions d'ambdues per tal de facilitar que els seus usuaris milloressin la comunicació entre les diferents especialitats.

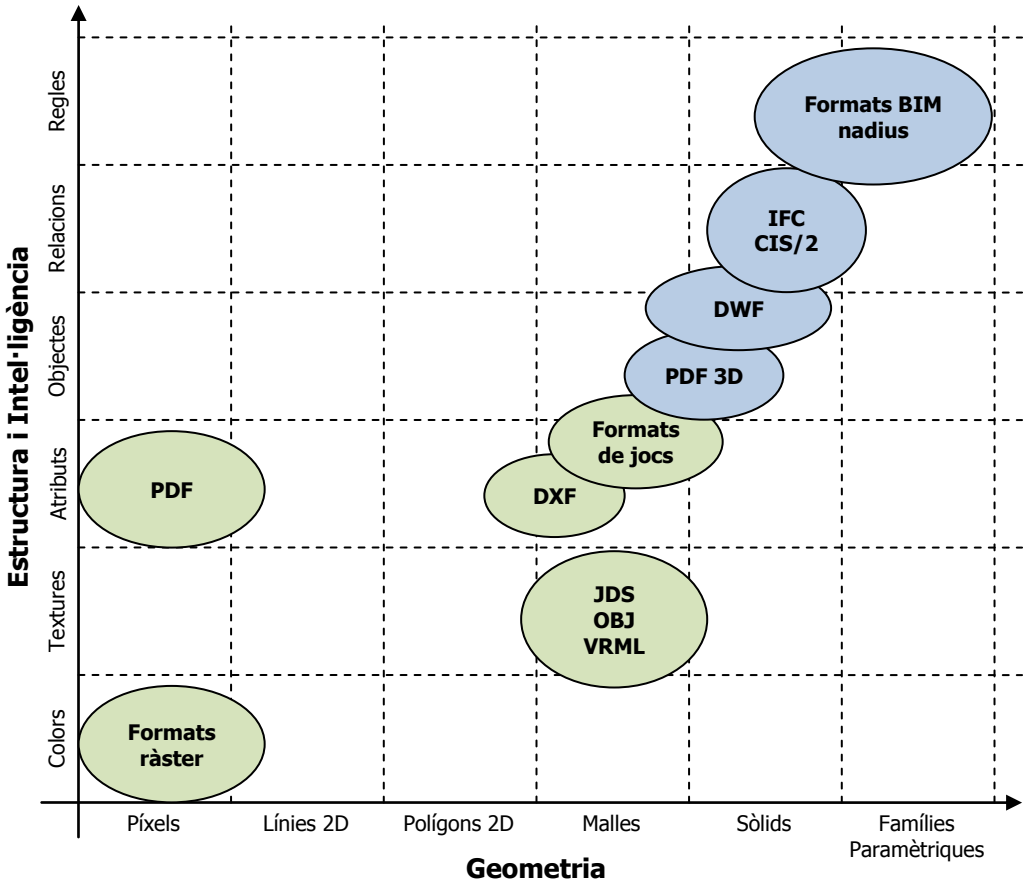


Fig. 2.11. Gràfic comparatiu amb les prestacions d'emmagatzematge d'informació de diferents formats digitals (Eastman, et al., 2008).

· Augment del control

Millorar la integritat, coordinació, coherència i comunicació de la informació d'un projecte també contribueix a augmentar el seu control. Es pot incrementar la quantitat d'informació disponible sense augmentar la documentació generada si es procura interrelacionar-la el màxim possible per tal de treure'n el major rendiment. És un altre punt a favor dels Models d'Informació, doncs permeten un gran aprofitament de la informació i uns modes d'accés molt més potents.

Hi ha representacions que són més apropiades per a estudiar determinats aspectes que d'altres. Per exemple: les qüestions volumètriques d'un edifici estaran millor visualitzades en un model tridimensional digital, ja que podrà contenir la descripció de tots els elements formals i la seva relació; però la visualització de l'espai en planta sol ser més adequat per a treballar-ne la distribució horitzontal i un llistat, en canvi, resultarà més potent a l'hora d'analitzar la tipologia d'obertures emprades. Per tant, el que hem de fer és incloure en un model d'informació les dades necessàries per a disposar d'ambdues. En aquest cas per exemple, necessitarien la informació geomètrica tridimensional per a la primera i el grafisme dels cosso seccionats per a segona. Les dades del model resultant seran les mínimes possibles i estaran coordinades, cosa que ens permetrà controlar l'edifici a través de vistes coherents. La diferencia entre visualització i representació és que la primera és una vista del model configurada sota determinats criteris, mentre que la segona és una evocació d'una idea o realitat, descrivint, de manera literal o paramètrica les seves característiques.

Si l'accés a la informació es fa a través de vistes d'un mateix model i gaudeixen d'una gran llibertat de personalització, podrem filtrar la informació que ens interessa i mostrar-la de la manera més adequada. Això no es pot fer amb les eines de CAD que s'empren més comunament, així que cal implementar noves eines al flux de treball dels arquitectes que permetin representar els elements arquitectònics des d'un punt de vista polifacètic i paramètric per tal de poder tractar la informació que se'n té.

Controlar un edifici és tenir accés a tots els seus aspectes i estar segur de que no hi ha incongruències en les dades de les que es disposa. Quan hom treballa amb un espai arquitectònic hauria de saber quan li costarà construir aquell espai al promotor i si els industrials del contractista podran executar les seves idees. Això només es possible a través de sistemes que contemplin tots les vessant i tots els interessos, permetent a més la col·laboració entre les parts. Les eines de representació literal en general, i molt menys, les eines gràfiques, ja no poden abastar la complexitat d'un edifici actual, però les que treballen amb models d'informació estan pensades precisament amb aquest objectiu.

Per altra banda, incentivar el flux d'informació entre tots els implicats en les fases primerenques del projecte permet que les decisions més importants es facin amb més coneixement de causa. Per exemple, en un projecte d'habitatge plurifamiliar, hom pot partir d'un model amb informació paramètrica que permeti, donades unes dimensions i tipologies, preveure el cost de l'obra depenent dels sistemes constructius emprats. El promotor i l'arquitecte poden escollir la millor opció per als seus interessos. Com és natural, això serà possible si aquesta informació es fiable, amb la qual cosa es necessitarà la participació del contractista, el qual sortirà beneficiat per tenir un encàrrec del que en coneixerà perfectament els detalls. Totes les parts controlen el procés i poden participar de les avantatges d'aquesta col·laboració. La confiança és mútua.

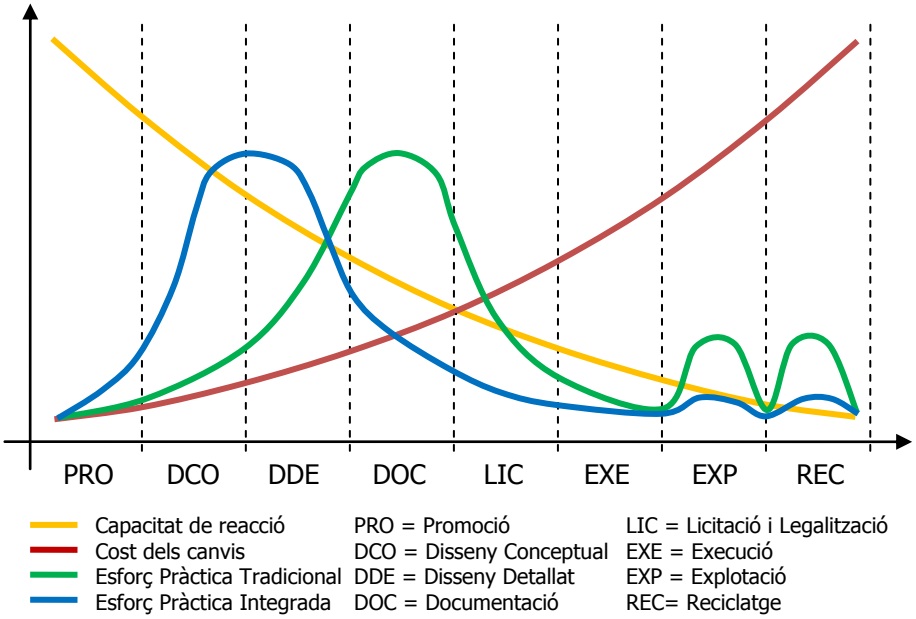


Fig. 2.12. Si es poden avançar els esforços de desenvolupament en fases més primerenques, tots tindran més marge de maniobra per a prendre decisions i aquestes seran més encertades.

Els models d'informació no només representen realitats o idees, sinó que són capaços de simular en major o menor grau el seu comportament a la realitat. La simulació digital és el millor mecanisme per a controlar un projecte perquè permet experimentar el resultat final en un entorn virtual. Tradicionalment les representacions literals també han servit per a simular, però a mesura que es necessiten simulacions més complexes, cal afegir més informació a les representacions convertint-les en Models d'Informació. Els càlculs estructurals en són un clàssic exemple. Com que el nombre de simulacions necessàries ha anat incrementant-se en els últims anys, resulta més convenient treballar amb uns quants models coordinats que continguin molta informació que molts amb poca informació. Per això els BIM han evolucionat cap a augmentar la seva capacitat d'emmagatzemar i relacionar dades de tota mena (multidisciplinar).

Una altra capacitat molt pròpia dels models d'informació és l'anàlisi de les seves propietats. Obtenir llistats de les seves característiques és essencial per a qualsevol planificació, des de preveure el cost d'una obra a organitzar les comandes dels materials necessaris, passant per la verificació de les superfícies útils. Per a poder comptar, cal saber quants elements hi ha que compleixin una determinada característica, i això només es pot fer si es té una base de dades formada per objectes amb entitat arquitectònica.

Per altra banda, com que cada aplicació treballarà amb el seu model d'informació o, fins i tot, amb algun que altre model literal, calen aplicacions especialitzades en la coordinació de diversos models i en la gestió global de la seva informació. Autodesk Navisworks és un exemple d'això, però n'hi ha d'altres. Coordinar diversos models és molt important perquè permet detectar col·lisions entre diferents sistemes arquitectònics incompatibles. Per exemple: les instal·lacions d'un edifici es modelaran amb aplicacions específiques que permetran el seu càlcul i predimensionat, però els seus elements fàcilment poden trobar-se amb els d'un altre model que s'ocupi de la part més arquitectònica. Es necessita doncs una aplicació que permeti

detectar i localitzar aquells objectes d'un model que ocupin el mateix espai que els d'un altre de forma ràpida i segura. Per altra banda, dos sistemes poden ser incompatibles si no s'executen en l'ordre adequat. És força comú que s'hagi de desmuntar un component ja instal·lat d'un edifici per a poder situar-ne un en el seu lloc correcte. En el cas dels enderrocs o desmuntatges d'instal·lacions encara és més evident aquesta necessitat. Aquesta mena de software també permet planificar la cronologia de les operacions a realitzar.

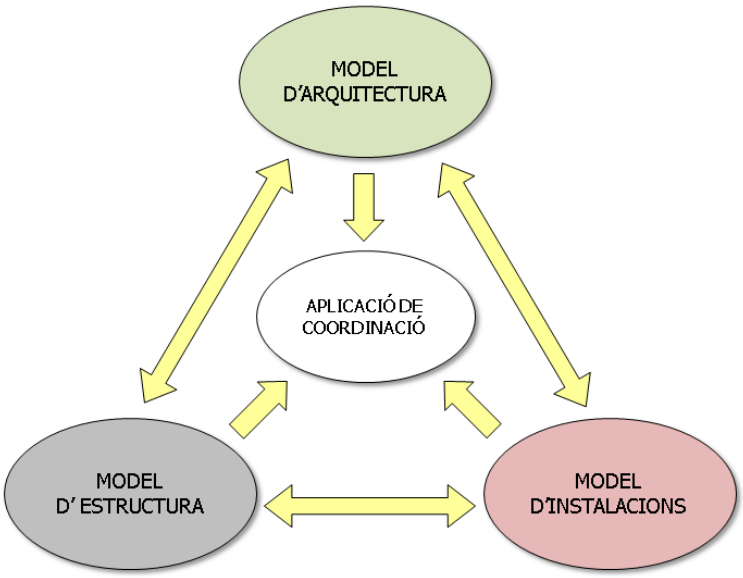


Fig. 2.13. Els diversos models es poden unir per a gestionar-los conjuntament.

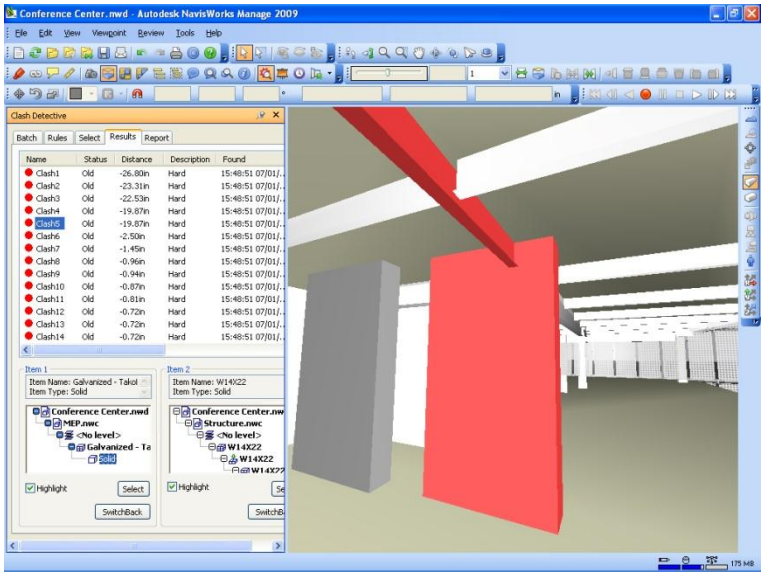


Fig. 2.14. Comprovació de col·lisions del model estructural i el model arquitectònic realitzada amb Navisworks.

· Planificació rigorosa

La planificació és la clau per a obtenir bons resultats. Quan més planificat estigui un procés, millor es podran definir les seves característiques i es podran preveure els possibles entrebancs

amb més precisió. Per l'altra banda, la planificació requereix l'elaboració de models que descriguin els propis processos, de tal manera que sigui possible anar optimitzant-los progressivament per tal de millorar els productes que se n'obtenen.

Coordinar el desenvolupament d'un projecte en el que participen diferents professionals requereix de planificació que estableixi les accions a dur a terme i les fites a assolir. Els equips de treball més rigorosos estableixen objectius setmanals i documenten les raons per les quals no s'assoleixen. Existeixen moltes aplicacions al respecte que són quasi totalment desconegudes en el món l'arquitectura, especialment en el sector del disseny. Alguns exemples són MS Project o MindManager, els quals, de fet, empren Models d'informació.

Finalment, cada projecte hauria de comptar amb un Project Manager que el dirigeixi globalment; és important que pugui controlar a tots els implicats en cada procés, ja que la Pràctica Integrada requereix el treball simultani de diversos perfils professionals que poden pertànyer perfectament a empreses diferents.

· **Processos interactius**

Els models d'informació empren objectes paramètrics que inclouen dades de tota mena que poden estar relacionades amb informació pròpia o d'altres objectes. Per això son capaços de simular cada cop més comportaments en temps real. Resulta molt més interactiu manipular objectes que simulen realitats que manipular les seves representacions una per una. Quan hom desplaça un mur en planta nomes fa una operació: seleccionar-lo en una vista i moure'l. El software fa la resta: desplaça els elements que hi són allotjats (com ara obertures) i, fins i tot, refà els encontres amb altres tancaments associats. El resultat és el que espera el dissenyador i pot accedir-hi de forma immediata, sense haver de fet múltiples operacions mecàniques (seleccionar línies, desplaçar-les, retallar-les, refer trames, estirar sòlids tridimensionals, etc.) en múltiples arxius per a poder controlar els efectes del canvi. Quant més complexa és la simulació que es requereix, més indispensable és l'ús de BIM.

Sovint s'acusa als models paramètrics de ser un obstacle per a la creativitat perquè cal establir prèviament tots els paràmetres que defineixen l'objecte abans d'emprar-lo. Però les aplicacions BIM es basen en biblioteques de tipologies d'objectes que tenen part del seu comportament prefixat. L'usuari pot adaptar-los a les seves necessitats ràpidament o, en el cas de ser necessari, crear-ne un de nou totalment personalitzat. Tal i com es veurà més endavant, la Tecnologia BIM està més orientada al disseny segons característiques i comportaments que el disseny paramètric de formes lliures, tot i que cada cop aconsegueix flexibilitzar els seus paradigmes sense incrementar la dificultat d'ús. Els avantatges són clars: normalment s'empra molt menys temps en personalitzar i situar un objecte paramètric que en modelar-lo literalment i, encara que s'hagi de crear des de zero, el rendiment que després se'n traurà compensarà amb escreix la inversió inicial. És quelcom similar al que passa amb el tema de la planificació.

La interactivitat també es valora a nivell de procés, quan aquest pot evolucionar de manera no lineal mitjançant operacions iteratives. El treball amb models d'informació permet afegir dades als objectes o editar-les en qualsevol moment del procés o, fins i tot, canviar uns objectes per uns altres sense interferir en el procés de producció. Per exemple: suposem que es comença un projecte i es modela una façana conceptual composta d'un sol full de material indeterminat.

Amb el temps, el projecte evoluciona en diferents aspectes i, fins i tot, s'arriba a posar un preu a la façana basant-se en el cost de les tipologies més probables a emprar. Paral·lelament al desenvolupament de les distribucions es poden fer anar fent els càlculs de les instal·lacions tot fixant les superfícies de ventilació dels tancaments exteriors. Llavors, en un moment donat, s'inicia el procés d'estudi de la solució final per a la façana. Se n'estudien diverses tipologies que es van aplicant al model de l'edifici complet. Com que la informació en relació a la resta de sistemes arquitectònics ja hi és, en qualsevol moment es pot comprovar l'impacte de cadascuna de les solucions en altres aspectes de l'edifici, com ara els costos, el rendiment energètic o la sensació visual des de l'interior. La resta de processos, com ara la preparació de plànols, no ha hagut d'esperar el resultat d'aquesta selecció, ja que quan siguin efectius, tota la documentació quedarà actualitzada. Els únics que hauran d'esperar seran aquells que no mantenen una relació de vinculació amb el model d'informació, com per exemple, l'elaboració d'algun detall constructiu, o l'obtenció d'imatges fotorrealístiques de l'exterior. Per aquesta raó es tant important caminar cap a l'ús integral de Models d'Informació. El procés de disseny es torna molt més interactiu i a més, pot respondre a les necessitats creatives del disseny, tot independitzant-se de les productives.

· Projectes orientats vers al client

En teoria, orientar el projecte cap a la satisfacció d'altres objectius a banda dels més relacionats amb el disseny formal hauria de ser una prioritat per a l'arquitecte, ja que ho és per a la resta d'interventors en el cicle de vida d'un edifici. El problema és que, per a fer-ho, es precisa tecnologia especialitzada que treballi amb dades específiques contingudes en models especialitzats. Per exemple: tenim els models d'arquitectura, els d'estructura, els d'instal·lacions, els energètics, els de pressupostos i amidaments, els de certificacions, etc. Tot això complica enormement la gestió del projecte i per això, fins ara, aquestes disciplines han funcionat com a compartiments molt estancs. Amb l'ús de Models d'informació, la quantitat de models necessaris es redueix molt ja que les dades redundants s'eliminen i, per altra banda, es permet l'aprofitament de la mateixa Informació per a més d'un procés de disseny.

Per altra banda, la Pràctica Integrada també parla d'incloure a tots els implicats en el procés de disseny per tal que aquest pugui respondre millor a les seves necessitats. Tradicionalment però, els arquitectes han preferit no fer-ho així perquè, en primer lloc, els seus esquemes de valors solen ser molt diferents i, en segon lloc, qualsevol canvi introduït pel client o qualsevol altre implicava una gran inversió de temps en refer tota la documentació del projecte. De fet, en el gremi es diu que no s'ha de permetre que cap tercera persona dibuixi sobre els nostres plànols. La resta d'implicats té una actitud similar i per aquesta raó la tàctica predominant és la de prendre decisions de forma unilateral i informar a l'interessat quan ja no hi ha res a fer. De la mateixa forma que el promotor i el contractista pacten canvis de materials "oblidant-se" d'informar a l'arquitecte, aquest especifica filigranes en el projecte que espera que el contractista accepti passant-les per alt.

Per això, només es possible gaudir de les avantatges d'aquesta col·laboració si els problemes relacionats amb la qualitat de la informació i el seu lliure accés es superen. La Tecnologia BIM hi té molt a dir, ja que permet que la informació s'ajusti a les necessitats del seu receptor i a més proporciona al dissenyador un entorn altament automatitzat pel que fa a la modificació del model. També cal superar l'escull que representa el temor de l'arquitecte a que la resta

d'interventors, malgrat la seva ignorància, el forcin a prendre decisions no encertades. Si bé aquest recel està molt justificat, cal adonar-se que deixar-los participar representa una formidable oportunitat de difondre els valors de la nostra professió a través de la interacció fluida amb tots els agents; recuperant així la influència que fa anys tenia en la societat. La lluita contra la mediocritat arquitectònica s'ha perdut precisament per la incompetència de l'arquitecte a l'hora de resoldre els aspectes més mundans per a ell però més importants per a la resta. Ara més que mai, cal guanyar-se l'autoritat moral a través d'arguments sòlids i demostrables, un cop s'han garantit la resta de necessitats. Finalment, si s'aconsegueix incloure també als usuaris, es minimitza el risc de prendre camins realment equivocats. Els futurs compradors no permetran que el promotor escatimi recursos en qüestions crítiques i aquest es veurà beneficiat pel reclam publicitari que representa un procés de disseny i construcció més transparent.

Per a il·lustrar tot això posaré un exemple basat en un cas real. Suposem que l'arquitecte decideix, en una reforma d'un habitatge de principis de segle, enderrocar el fals sostre de canya per a deixar vistes les bigues de fusta i dotar a l'habitatge de major alçada lliure. Com que sap que el client pot pensar que tal decisió comportarà un increment excessiu de la despesa en calefacció, no elabora quasi cap secció vertical del projecte i, en qualsevol cas, evita que hi aparegui qualsevol referència humana que permeti adonar-se de l'alçaria obtinguda. Per altra banda, justifica la mesura per qüestions de seguretat estructural, ja que li permetre verificar l'estat de les bigues de fusta. D'aquesta manera i amb una mica de sort, el client només se n'adona de l'alçada a la que queda el sostre quan visiti l'obra. Potser l'arquitecte es sortirà amb la seva, però no quedarà gaire bé davant del client.

Però també pot fer-ho d'una altra manera. Pot convidar al client al seu despatx i mostrar-li vistes interiors del projecte amb i sense fals sostre i, tot seguit, una comparativa de les necessitats calorífiques de cadascuna dels les opcions i la repercussió en el seu cost anual. Amb l'ajuda del contractista, podrà pressupostar el cost de l'enderroc i el pintat de les bigues i comparar-lo amb la col·locació d'un nou fals sostre. Amb això, no només tindrà l'oportunitat de convèncer al client, sinó que a més podrà demostrar-li que es preocupa de protegir els seus interessos.

· Disseny evolutiu i execució industrialitzada

La base d'un disseny eficient i productiu és el disseny evolutiu. És a dir, el disseny que prova de començar de punts de referència ja assajats a partir dels quals crear una solució específica o, simplement, un producte millor que l'anterior. Tot i que les tipologies dels projectes són força estandaritzables, els arquitectes solen preferir partir des de zero. Però existeixen estratègies per partir de prototipus o mòduls amb més o menys informació continguda. Amb les eines paramètriques actuals, es pot preveure quan costarà un auditori depenent del seu aforament i dels materials emprats. O comprovar ràpidament si tal o tal volumetria permet encabir el nombre adequat de seients. Crear aquests models poc definits formalment però amb certa quantitats de coneixement incrustat requereix d'estudi previ que s'està posant en pràctica amb molt bons resultats. En el cas del disseny d'habitatges, els beneficis d'aquesta estratègia encara són mes evidents. Els rudimentaris encaixos de distribucions que actualment es fan amb representacions literals simples, es poden realitzar amb capces paramètriques que permetin jugar amb molta més informació i de forma més interactiva.

Cal adonar-se que la majoria dels factors que acaben definint un projecte són conseqüència d'uns pocs que són els que realment l'acaben determinant. Per tant, tot es una qüestió d'aconseguir discernir quins són els condicionants principals sobre els que cal prendre decisions a l'inici del projecte i convertir-los en el seu eix vertebrador. Probablement, aquests aspectes (com ara el cost o la solució estructural escollida) acabaran condicionant el projecte tard o d'hora i per aquesta raó és preferible assumir-les de bon principi. És l'anomenat *disseny vers restriccions*.

L'avantatge d'aquest sistema és que es poden prendre decisions en les fases primerenques del disseny i que es pot aprofitar la informació generada per a desenvolupar el projecte. El que poden ser tancaments simbòlics poden convertir-se en tancaments amb propietats específiques; s'hi poden afegir capes, equipaments, etc. Per altra banda, fer variacions sobre un mateix disseny permet depurar-lo i millorar-lo per acabar oferint un millor producte a l'usuari. Almenys així ho ha demostrat la producció més industrialitzada. L'ús de prototips configurables pot facilitat també la participació del client o la inclusió d'informació provinent de terceres persones, com ara els contractistes. El projecte de recerca BARCODE House System, n'és una bona mostra.

Fig. 2.15. Imatge d'un model d'informació generat amb BARCODE House System. L'organització dels seus sistemes arquitectònics i els components emprats es controlen mitjançat una interface de selecció d'opcions molt amigable.

Una altre camí que s'està desenvolupant paral·lelament és l'ús d'elements predefinits que siguin prefabricables o fàcilment industrialitzables. Les avantatges són similars: el seu comportament és més previsible, les prestacions del producte milloren a cada nova versió i els costos s'abarateixen permetent amortitzar la inversió extra que suposa el seu disseny detallat.

El tema del disseny evolutiu i el de la producció en sèrie han estat majoritàriament rebutjats a Europa pel temor de que conduís a mediocretitzar l'arquitectura. Cada projecte es considera únic perquè, entre altres coses, ha d'adaptar-se a l'entorn on s'implanta, ja que es tracta d'un bé immoble. A la realitat però, aquesta relació simbiòtica amb l'entorn només és realment necessària en casos molt determinats (la mateixa praxis dels arquitectes així ho ha vingut demostrant) i, en tot cas, no esdevé incompatible amb l'ús de prototipus de disseny o components predissenyats o prefabricats. La globalització fa possible que un mateix disseny d'edifici sigui susceptible de ser emprat a diferents països, així que també ho pot ser en diferents ubicacions dins d'un mateix país. La producció industrial ha demostrat que les prestacions dels productes seriats acaben superant les dels artesanals al cap d'unes quantes generacions. Per altra banda, l'optimització de la producció permet que el seu cost sigui molt més assequible i, en la majoria de casos, d'una qualitat superior.

Fig. 2.16. Tot i que els primers Fiat 600 (cap els '60) es produïen en sèrie, el seu muntatge era força manual. Per això, el seu disseny es permetia algunes llicències, com ara els afegits cromats o els parafangs arrodonits. La seva industrialització, doncs, no estava gaire perfeccionada i per aquesta raó (entre d'altres) el seu cost encara no estava a l'abast de tothom. El 600 dels noranta fou un vehicle de producció totalment automatitzada i robotitzada. Els seu anodí disseny respon a les limitacions de la tecnologia que estava disponible en la seva època. No obstant, aquest model si que tenia un preu realment econòmic. La versió actual, en l'apogeu de la tecnologia computeritzada ja no sembla patir cap limitació intrínseca.

Fig. 2.17. Quan comparem productes exclusius, ens trobem amb circumstancies similars. El mític Mercedes 300sl estava fabricat de manera molt artesanal. El seu disseny i prestacions eren formidables, però el seu cost absolutament desorbitat. La versió dels '90 era formalment molt més mediocre, però superava en la resta al seu antecessor. La industrialització del seu procés de disseny i fabricació va permetre vendre'ns molts més. La futura versió està estèticament a l'alçada del primer model i l'exclusivitat del seu disseny es deu més a motius comercials que a qüestions derivades del seu cost de producció.

Fig. 2.18. Amb l'arquitectura només s'ha aconseguit industrialitzar els components, quant el muntatge en processos manuals. La conseqüència d'això ha estat que el disseny contemporani no ha aconseguit millorar el de fa un segle. Les millores de prestacions han vingut donades per la millora dels components industrials que s'empren i per l'augment de l'exigència de les normatives.

· Modes de contractació participatius

Per a que dues persones puguin col·laborar de manera efectiva han de trobar-se en el temps. El mode de contractació mes comú actualment incentiva la participació consecutiva dels diferents implicats en la construcció i explotació de l'edifici. L'elecció d'un o altre professional depèn principalment del preu que demani a canvi dels seus serveis. Però si aquest criteri es situa en segon terme i es seleccionen en funció de la solvència del seu treball, ens trobarem que se'ns obre tot un ventall de possibilitats de col·laboració amb les que no contàvem. L'objectiu és entendre que el negoci de la construcció és pot plantejar des de la perspectiva d'intentar que guanyin totes les parts. Per utòpic que sembli, diversos estudis estan demostrant que aquest plantejament és totalment viable i que a més, al final resulta més econòmic que el sistema tradicional.

Aquesta relació simbiòtica entre els promotors i la resta d'entrevinents és especialment factible quan es tracta d'empreses especialitzades en la construcció i venda d'edificis, ja que els professionals escollits s'asseguraran de fer bé la feina i a bon preu per tal que tornin a comptar amb ells en futures promocions. Fins i tot quan es tracta de promotors puntuals, la promesa d'una col·laboració estreta entre les parts pot ser un bon reclam publicitari.

Els modes de contractació participatius comencen quan el promotor selecciona una empresa que s'encarregui del disseny del projecte i de la seva construcció. Alternativament, pot seleccionar únicament un equip de dissenyadors i que aquests s'encarreguin d'escollir el contractista amb el que vulguin col·laborar o a l'inrevés. Ambdós gremis conformen el que podríem anomenar una ***Associació Disseny - Construcció***. Els interessos dels tres grans gremis es posen així en comú, així que el flux d'informació entre les parts estarà assegurat si empren les estratègies i les tecnologies adequades. Promotors, dissenyadors i contractistes formen una associació temporal que té per objecte el desenvolupament i la construcció d'un bé immoble i, opcionalment, la gestió dels seus recursos. Els avantatges d'aquesta manera de treballar són els ja comentats (major control del projecte, menys malentesos, disseny multidisciplinar, etc.) afegint-hi una important reducció del temps total necessari per a desenvolupar les fases de disseny i execució, ja que s'elimina la interrupció que ocasiona tot el procés de licitació i la pèrdua d'informació que suposa cada canvi de fase. En relació a aquest tema, podem distingir tres fases en el període de disseny, la de Modelat Conceptual (similar a l'elaboració d'un avantprojecte amb molta més informació), la de Modelat Detallat (equivalent a la fase de projecte bàsic) i el del Modelat Constructiu (corresponent a la redacció del projecte executiu). El model resultant de cada fase és validat pel promotor i esta sotmès als condicionants establerts en els models anteriors (veure tema 2.3).

Amb el contractista en l'equip de treball, la fase de licitació del mode de contractació "Disseny – Licitació – Construcció" s'empraria per a pactar els preus d'execució de cada partida amb els executors de l'obra (industrials, operaris, proveïdors, col·locadors, paletes, etc.). Els resultats serien millors al comptar amb un interlocutor solvent (el contractista) però encara es podria anar més lluny avançant la participació d'aquests professionals en les fases inicials de disseny, cosa que permetria afinar les decisions en funció de la informació per ells facilitada. Així, tindríem el model "Disseny - Construcció", en el que entren després de l'elaboració del Model Detallat i el més precoç, el "Disseny - Col·laboració", que els fa participar en el

desenvolupament mateix del Model Detallat. Quan abans entrin en joc els executors de l'obra, més fiables i compromeses seran les seves dades.

En contraposició al model Disseny – Licitació – Construcció, en els participatius podem distingir les següents fases:

- Fase de Promoció:

1- El promotor selecciona una associació de disseny i construcció (D.C) per a desenvolupar un projecte i elabora un Model de Promoció que conté les especificacions del projecte

- Fase de Disseny Conceptual:

2- L'associació D-C elabora un Model Conceptual que cobreix les necessitats del client i del seu projecte.
3- El promotor verifica el procés i li dona el vist i plau.
3- L'associació D-C selecciona els professionals que es subcontractaran en la fase de construcció (mode "Disseny - Col·laboració").

- Fase de Disseny Detallat *(equivalent a l'avantprojecte)**:***

4- L'associació D-C elabora el Model Detallat que compleixin les especificacions validades i el pressuposta. La documentació es desenvolupa fins al nivell que li exigeix l'administració per autoritzar-lo. El projecte continua sota les especificacions validades. Si no s'ha fet abans, es seleccionen els executors de l'obra (mode "Disseny – Construcció").
5- El promotor verifica el procés i li dóna el vist i plau.
6- El promotor demana la llicència d'obres amb la documentació generada de la fase anterior.
7- L'associació D-C esmena les deficiències detectades per l'administració.
8- El promotor verifica el procés i li dóna el vist i plau.

- Fase de Documentació *(equivalent al projecte executiu)**:***

9- L'associació D-C elabora el Model Constructiu o de Fabricació (depenent de grau de detall d'aquest) i la documentació que permetrà construir-lo. S'audita que continuï sota les especificacions validades.
10 El promotor verifica el procés de disseny constructiu i, i li dóna el vist i plau.
11- L'administració verifica el disseny constructiu.
12- L'associació D-C esmena les deficiències detectades per l'administració.

- Fase de Licitació i Legalització:

13- L'associació D-C selecciona als executors que no hagin estat ja seleccionats.
14- L'associació D-C pressuposta el cost de l'obra generant un Model de Licitació.
15- El promotor valida el pressupost de l'obra.
16- Tots els implicats legalitzen les seves futures accions.

- Fase d'Execució:

17- El executors de l'obra construeixen l'edifici sota l'auditoria de l'associació D-C. Durant aquesta fase es va actualitzant o completant el Model Constructiu tot obtenint el Model d'Execució.
18- L'associació D-C entrega l'edifici i el promotor li dóna el vist i plau.

- Fase d'Explotació:

19- El promotor posa a la venda l'edifici.
20- Els usuaris seleccionen l'edifici.
21- L'associació D-C elabora un Model d'Explotació.
22- El promotor entrega el Model d'Explotació de l'edifici als usuaris.
23- Els usuaris exploten l'edifici recolzant-se en la informació del BIM.

- Fase de Reciclatge:

29- Els usuaris decideixen que han de reformar l'edifici o enderrocar-lo.
30- En cicle torna a començar a partir d'un Model d'Estat Actual.

És important adonar-se que en totes les fases el promotor té la capacitat d'auditar el procés d'evolució del projecte, no només el resultat de cada fase. Pot consultar directament els models d'informació que empra l'associació D-C amb la seguretat que dóna el fet que cadascun parteixi de l'anterior. Això també permet reduir al mínim la documentació impresa.

Alternativament a la contractació d'una associació Disseny – Construcció, el promotor pot optar per a contractar un equip de Disseny tradicional i contractar el contractista i els executors de l'obra després de la fase de Disseny Conceptual (mode "Disseny – Col·laboració") o de la de Disseny Detallat (mode "Disseny – Construcció"). És un sistema que pot semblar més viable actualment, ja que la majoria de firmes d'arquitectura nacionals només disposen d'arquitectes, L'inconvenient d'aquesta opció és que es perden els avantatges que per a totes les parts suposa que l'equip de disseny i el de contractació dels executors de l'obra estiguin associats.

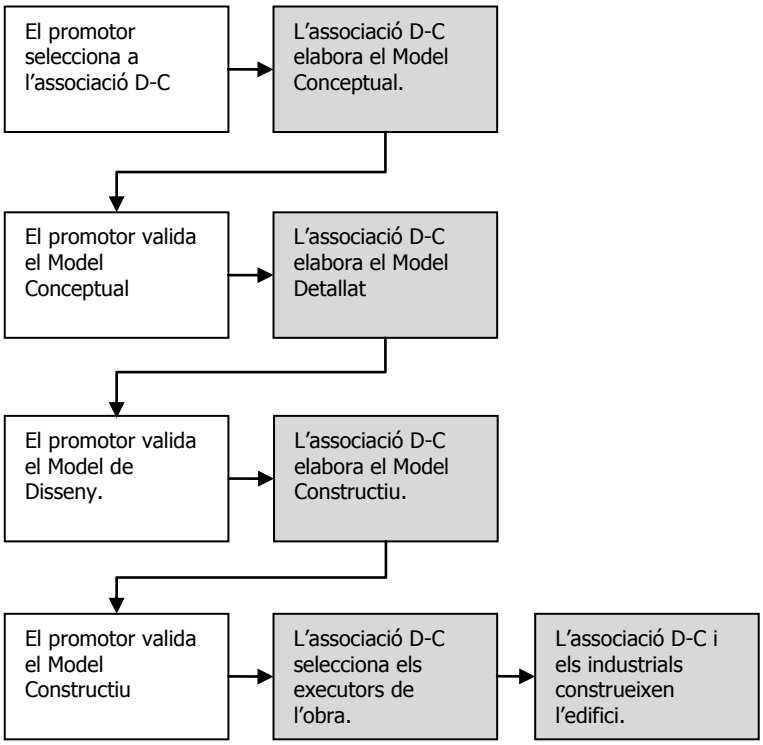


Fig. 2.19. Esquema de contractació "Disseny – Licitació - Construcció" segons la visió de la pràctica integrada. L'únic avantatge aconseguit és que es pot comptar amb l'experiència del contractista a l'hora d'elaborar previsions de costos.

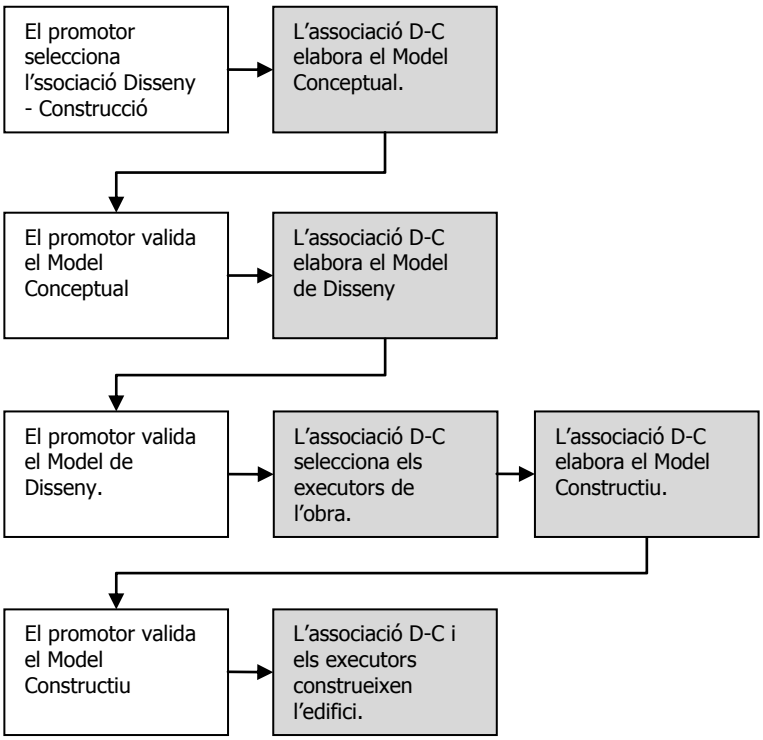


Fig. 2.20. Esquema de contractació "Disseny - Construcció". Alternativament es pot substituir l'associació D-C per un equip de disseny i seleccionar el contractista a partir de la validació del Model Detallat.

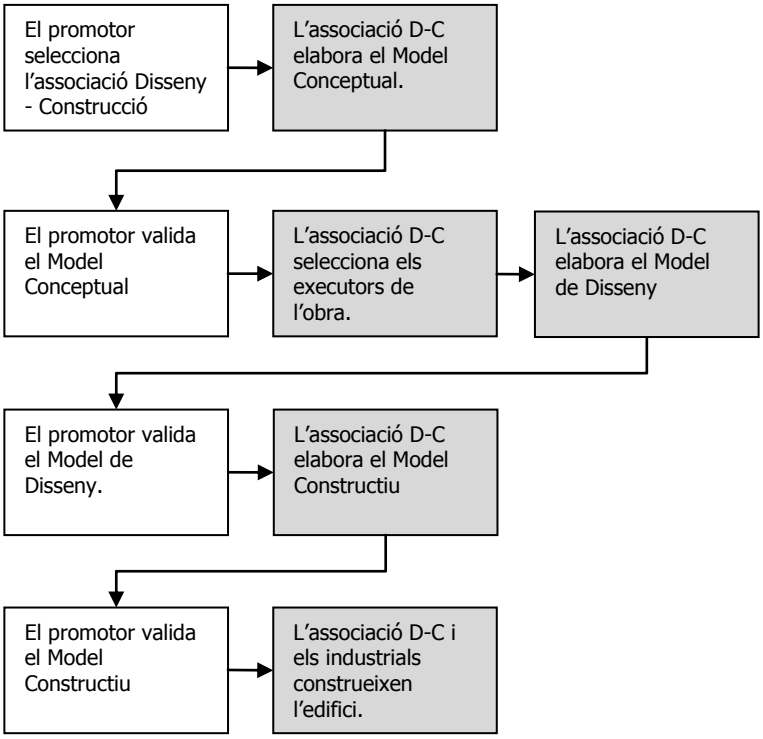


Fig. 2.21. Esquema de contractació "Disseny – Col·laboració". Alternativament es pot substituir l'associació D-C per un equip de disseny i seleccionar el contractista a partir de la validació del Model Conceptual.

El temps que s'estalvia amb aquests dos últims modes de contractació pot ser similar, però l'últim enfocament te l'avantatge de permetre elaborar uns prototipus inicials molt més fiables, al disposar-hi de la informació referent als recursos que s'empraran en la fase de construcció. Paral·lelament, els professionals que intervindran en l'execució del projecte poden començar a planificar-la des del primer moment. La col·laboració entre dissenyadors, contractistes i executors de l'obra és mútua.

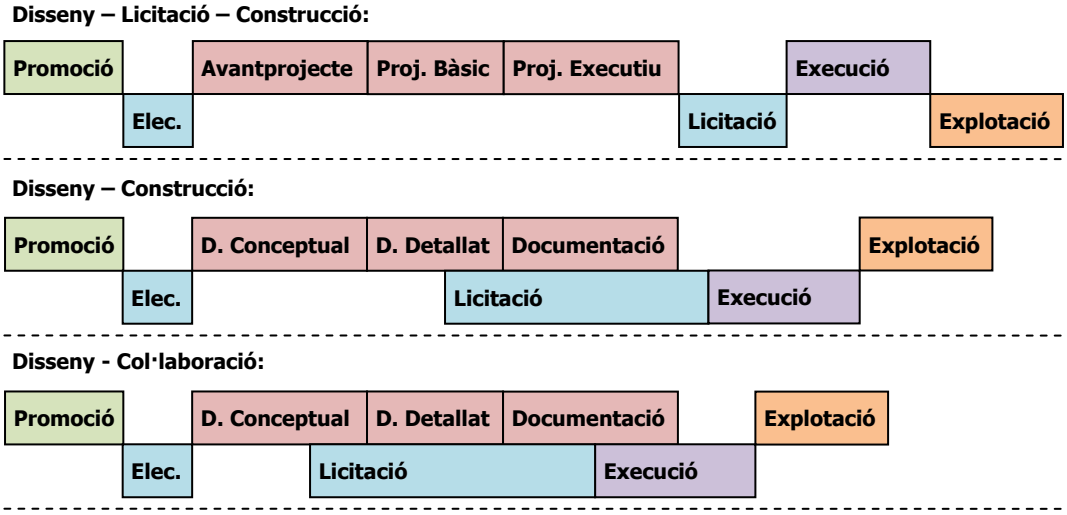


Fig. 2.22. Tant el mode Disseny – Construcció com el mode Disseny - Col·laboració estalvien temps i optimitzen la producció.

A aquest trinomi promotor - dissenyador - contractista podem afegir-hi els usuaris finals, ja que acabaran sent els beneficiaris del producte i els qui finalment paguin el compte. En realitat, un edifici, no deixa de ser un servei que cal gestionar durant tota la seva vida útil. En un procés discontinu, gran part del coneixement que en tenen promotors, dissenyadors i contractistes es perd en la fase d'explotació fins al punt que els propietaris han de generar nous models per a gestionar el seu immoble. Si la compra sobre plànol és una realitat, també ho pot ser la intervenció en el disseny i construcció de l'edifici i l'adquisició del seu model d'informació.

· Formació instrumental especialitzada

No es pot aconseguir que els implicats emprin tecnologia i estratègies més sofisticades sense una formació adequada que inclogui formació especialitzada i, sobretot, recursos per a posar en pràctica els coneixements adquirits. La principal dificultat de la inversió en formació és el cost immediat que aquesta representa ja que, per una banda, cal pagar els recursos formatius i, per l'altra, cal compensar la disminució de la productivitat que es dóna en aquest període. Aquesta situació resulta paradoxal, ja que mentre la primera circumstància aconsella solvència econòmica, la segona recomana períodes de menor activitat laboral. Tot això es soluciona amb una bona planificació a llarg termini que permeti estalviar en les èpoques bones per a invertir en les pitjors. La formació en tecnologia acostuma a ser amortitzable a mitjà o llarg termini. Per això es precisa una estratègia empresarial que tingui en compte aquesta circumstància de forma sistemàtica. L'actual conjuntura econòmica ha fet que el govern prengués partit en l'assumpte i subvencionés massivament la formació dels treballadors. Per un cop que pren una decisió encertada a temps, no és qüestió de desaprofitar-ho.

Per altra banda, la cultura de la tecnificació estimula la recerca contínua de noves solucions que permetin millorar els processos. El progrés de la nostra civilització es deu en gran part a aquest interès i si se'n vol ser partícip, cal mantenir-hi una actitud desperta.

No obstant, s'ha de reconèixer que la formació de nous usuaris és el pas més difícil de la migració cap a la pràctica integrada, ja que cal vèncer les reticències dels usuaris i dels seus caps. En el capítol dedicat als estudis de casos, es parlarà dels esculls que han de superar els formadors en les mitjanes i grans empreses per a que els concedeixin el temps necessari per a instruir a els seus alumnes. I això que a Espanya només s'estan implantant els sistemes BIM d'aplicació més directa.

· Millora de la productivitat

La millora de tots aquests factors portarà a l'augment de la productivitat en el sentit més ampli de la paraula. A l'aconseguir que tots els processos siguin més eficients, es necessiten menys recursos per a generar el mateix producte. Però donat que els estàndards de qualitat dels productes actuals fa temps que estan per sota del desitjable, caldrà emprar els mateixos recursos d'una manera més eficient. Dit d'una altra manera; no es pot fer millor sense canviar la tecnologia que s'empra. No obstant, el benefici s'incrementa per a totes les parts, ja que el valor afegit dels processos i del que se'n obté augmenta considerablement.

El gran avantatge de millorar el producte a través del perfeccionament dels seus processos és que això fa que les condicions de treball dels seus dissenyadors i productors també millorin. Potser caldrà invertir el mateix nombre d'hores, però es treballarà de manera més gratificant i amb menor risc. Es tracta de substituir les tasques rutinàries per altres mes sofisticades. Tant l'automatització com la definició i el control rigorós de la informació durant tot el cicle de vida d'un edifici requereixen d'una planificació minuciosa i l'ús d'unes eines especifiques que pot mantenir igualment d'ocupada tota la plantilla actual d'un despatx. La diferència és que el seu treball va acumulant valor afegit perquè les dades disponibles per al desenvolupament dels projectes i el coneixement dels professionals s'incrementa a cada encàrrec.

Donar valor afegit a la seva feina i eliminar les tasques rutinàries és el que necessita l'arquitecte per a poder competir amb els enginyers de la construcció, que van guanyant terreny a cada reforma legislativa. La innegable vàlua de l'arquitecte actual no és gaire apreciada perquè es veu esborronat per la seva ineficàcia a l'hora de satisfer altres requeriments. En la mesura que aconsegueixi fer guanyar diners a tothom, el sector tornarà a veure-li les gràcies.

· Control dels riscos

L'activitat edificatòria és una activitat de risc per a tots els que hi participen. La principal causa és la falta de control sobre el projecte i els processos constructius. Quan més integrada sigui la pràctica professional de tots els implicats, millor serà la qualitat de la informació i els mecanismes de comunicació entre les parts, cosa que redundarà directament en el control de tots els processos. La incertesa és el fonament del risc i per això cal combatre-la.

La Pràctica Integrada no pot millorar els factors d'incertesa inherents als comportaments desconeguts dels elements arquitectònics, però pot incorporar en el seu sí els mecanismes per

a la seva simulació a mesura que estiguin disponibles. Els sistemes de càlcul més sofisticats només són viables en la praxis quotidiana si poden ser executats a partir d'informació ja generada durant altres processos. Per exemple, es pot programar un software que detecti les zones de l'edifici més perilloses per als treballadors, però la seva implementació serà molt més universal si es pot connectar directament al model d'informació que ja empra el contractista per a planificar la seva construcció i no cal generar un model especial per a tal anàlisi.

2.1.3 L'EXEMPLE DE LA PRODUCCIÓ INDUSTRIAL

Els principis de la Pràctica Integrada fa anys que s'apliquen, amb més o menys rigor, en el món de la producció industrial. L'aventura de la fabricació en sèrie que va començar fa un segle va possibilitar la inversió en tecnologies que van permetre millorar els productes i perfeccionar els processos productius. Actualment la producció arquitectònica és molt diferent a la industrial i per aquesta raó pateix en una sèrie de problemàtiques que en són quasi exclusives.

No obstant, la Pràctica Integrada pot aplicar-se a la producció arquitectònica tenint en compte les seves diferències estructurals que separen un i altre sector productiu. Si s'analitzen aquestes diferències, s'arriba a la conclusió que el principi fonamental de la industrialització, la fabricació en sèrie, és el desencadenant d'un seguit de circumstàncies que han possibilitat que la producció industrial acabés assolint uns estàndards de qualitat superiors als arquitectònics. Bàsicament es tracta d'entendre que la fabricació en sèrie permet amortitzar el cost que representa el desenvolupament minuciós del producte i de la tecnologia que fa possible. És possible que la construcció evolucioni cap a la seva total industrialització, però fins que això passi, està clar que les tecnologies que s'implementin han de tenir en compte les actuals regles del joc. La Pràctica Integrada ha de transformar els processos arquitectònics i també els seus productes, però ha de ser compatible amb el context actual si vol aspirar a implantar-s'hi. Per tant, un dels seus eixos centrals, la Tecnologia BIM, no pot pretendre clonar les tècniques que s'empren en la producció industrial, sinó que ha prendre un camí propi encara que s'inspiri en elles en alguns aspectes. De fet, això és el que porta fent des de fa trenta anys, però la tecnologia necessària per a fer-ho realitat no ha pogut eclosionar fins que el context socioeconòmic i tecnològic, altament industrialitzat, els ho ha permès.

Per altra bada, hi ha esculls culturals a superar. Els més importants són, sens dubte, els relacionats amb la desconfiança mútua entre les parts. En el món de la construcció, per exemple, es considera quelcom no desitjable per al promotor que l'arquitecte i el contractista estiguin associats, ja que llavors es confabulen contra el promotor. Davant d'aquesta idea cal constatar que, actualment, la guerra a tres, quatre o cinc bandes que representa qualsevol projecte d'edificació provoca danys en totes les parts molt superiors als perjudicis que pot ocasionar la fórmula de la Pràctica Integrada. Així s'ha demostrat en les nombroses experiències que s'estan donat en altres països, on l'estalvi econòmic global pot arribar a ser d'un 30%. Per altra banda, només cal fixar-se que en la industria manufacturada; dissenyador i productor van, òbviament, en el mateix vaixell en l'objectiu de millorar el producte i els seus beneficis. Al capdavall, són les lleis de garanties, les assegurances i el prestigi comercial les que garanteixen la bona praxis de dissenyadors i productors i no el grau de desconfiança que es tinguin.

DISSENY INDUSTRIAL	DISSENY ARQUITECTÒNIC
Els usuaris tenen una formació específica.	Els usuaris solen formar-se de manera autodidacta.
El maquinari i sistemes operatius sobre els que corren les aplicacions solen ser força potents.	En general el maquinari i sistemes operatius solen ser menys potents i estables.
El software és adquirit per empreses que estan disposades a fer grans inversions en ell	El software és adquirit per despatxos o petites empreses que no estan disposades a fer grans inversions en ell.
Cada producte es dissenyat fins a l'últim detall en la fase de projecte. No sol sofrir canvis en la fase de execució.	El producte només es dissenya a grans trets en la fase de projecte i s'acaba de definir en la fase d'execució, on sovint sofreix canvis importants.
Tots els components necessaris són especificats en la fase de projecte i el disseny del producte s'hi adapta o acota les seves possibilitats de variació, ja que qualsevol canvi d'última hora en un component pot comprometre la seva compatibilitat.	La majoria de components s'especifiquen només pel que fa a les seves característiques generals i s'acaben d'escollir en la fase de producció, segons costos reals, disponibilitat o altres criteris. Això és possible perquè seran aquests els que s'adaptaran al disseny general de l'edifici i no a la inversa.
El disseny minuciós de cada component comporta una gran inversió de temps en la seva definició.	Els projectes s'han de desenvolupar en pocs mesos.
Els components solen aprofitar-se per a nous productes amb poques variacions. Cada nova versió del producte és bàsicament idèntica a l'anterior amb l'actualització d'alguns components i un notori canvi d'aspecte.	Cada projecte és un prototipus que no es tornarà a fabricar. Tot i que molts dels seus components són industrials, el gruix de l'obra, sol estar fabricat in-situ.
La fase d'execució del producte es du a terme de forma principalment robotitzada.	La construcció de l'edifici s'executa manualment amb maquinaria poc sofisticada.
Els elevats costos de la fase de disseny són amortitzats per la producció es sèrie i l'aprofitament de components per a nous productes.	La manca de producció seriada no permet amortitzar el cost d'un disseny excessivament acurat.
El fabricant industrial integra tots els interventors en la promoció, disseny i construcció del producte. La definició del seu producte varia segons el que es suposa que apreciaran els futurs compradors.	Els implicats en la construcció d'un edifici no acostumen a col·laborar estretament durant el procés de disseny i construcció. El producte es defineix segons criteris molt estables i poc personalitzats.

Fig. 2.23. Comparació entre els principals factors diferenciadors de la producció industrial vers l'arquitectònica.

2.2 TECNOLOGIA BIM

La Tecnologia BIM és el conjunt d'eines, tècniques i conceptes que permeten desenvolupar la Pràctica Integrada en un context tecnològic adequat que pugui donar resposta a les seves necessitats. Si bé no n'és l'únic recurs necessari, sí que és un dels pilars centrals, fins al punt que resulta impensable assolir la majoria dels seus objectius sense comptar amb ella.

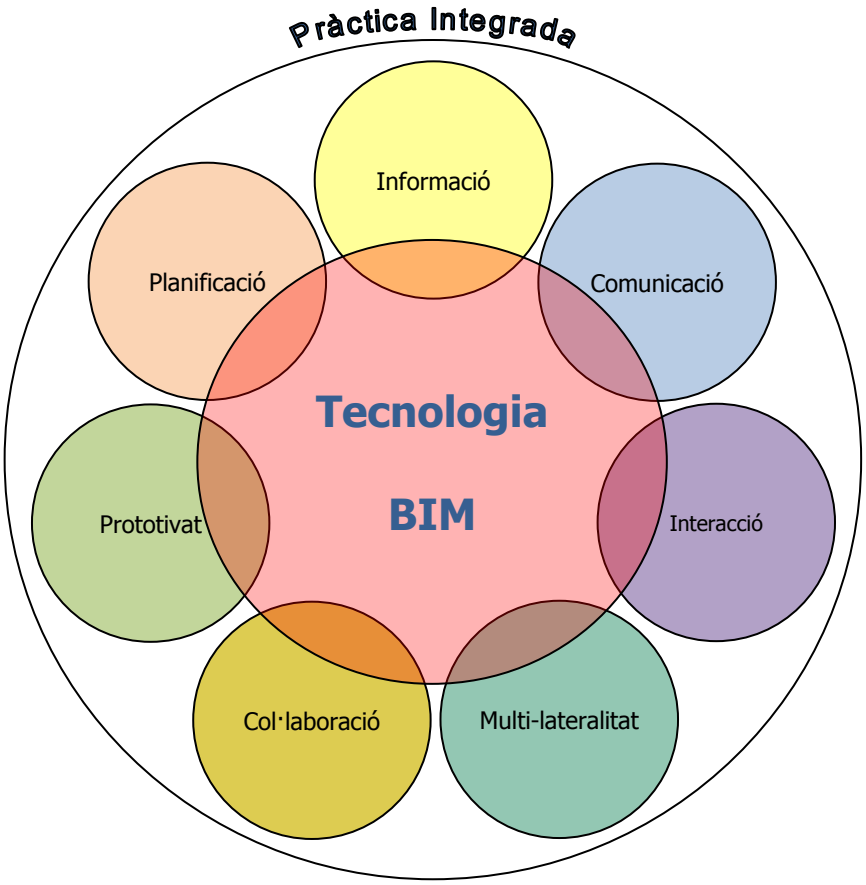


Fig. 2.24. Totes les estratègies de la Pràctica Integrada es recolzen en major o menor grau en la Tecnologia BIM.

2.2.1 HISTÒRIA DEL TERME BIM

La idea d'emprar models d'informació no és nova. Els conceptes i metodologies de treball que avui en dia s'inclouen actualment sota el terme BIM daten de fa més de trenta anys. Prova d'això és que l'any 1975 Charles M. Eastman ja descrivia el seu concepte de "Building Description System" amb les següents paraules:

> "[designing by]... interactively defining elements ...deriving sections, plans, isometrics or perspectives from the same description of elements …Any change of arrangement would have to be made only once for all future drawing to be updated. All drawing derived from the same arrangement of elements would automatically be consistent …any type of quantitative analysis could be could be easily generated …providing a single integrated database for visual and quantitative analyses …automated building code checking in city

hall of the architect's office. Contractors of large projects may find this representation advantageous for scheduling and materials ordering." (Eastman, 1975)

Dos anys més tard, William Mitchell publica *Computer-Aided Architectural Design* on es fa referència a les "*computer-based building descriptions*" i es cita el terme del propi Eastman.

Una recerca comparable es va fer a principis dels anys 80 a Europa coincidint amb els primers esforços per a la comercialització d'aquesta tecnologia (ArhiCAD i Allplan). Als Estats Units, el prototipus virtual que es perseguia era conegut com a "***Building Product Model***" i a Europa, sota el nom de "***Product Information Model***". La fusió dels dos termes és el que va donar l'actual terme de "***Building Information Model***". Al final, el terme "Information" va guanyar la partida a "Product" perquè reflectia la seva forta relació amb la tecnologia de la informació computacional. (Eastman, et al., 2008)

El primer document aparegut amb el terme "Building Model" fou probablement el que va escriure Robert Aish el 1986 en la documentació annexa al cèlebre software RUCAPS que va desenvolupar amb la companyia GWW Computers Ltd. Es tractava d'una aplicació que permetia el modelat tridimensional a través d'elements paramètrics, extracció automatitzada de documentació, bases de dades relacionals, planejament segons fases, etc. El software fou emprat amb èxit en el disseny i construcció de la terminal 3 de l'aeroport de Heathrow. Força més tard, trobem el terme complet, "Building Information Model" en un article de G.A. van Nederveen i F.Tolman publicat el Desembre de 1992 a la revista *Automation in Construction*. De tota manera, hom reconeix a Jerry Laiserin com el responsable que el terme BIM es popularitzés a partir del seu article *Comparing Pommes and Naranjas*, escrit al 2002 on va defensar la seva adopció universal per a identificar les aplicacions destinades a crear models d'informació d'edificis. Fora del món anglosaxó, és just recordar altres termes amb un significat similar, com l'alemany "Gebäudemodell" o l'holandès "*Gebouwmodel*"; termes molt lligats al concepte de generar un model per a ser construït. (Eastman, et al., 2008)

Paral·lelament a l'evolució d'aquest terme en el món acadèmic, es van desenvolupar les aplicacions que provaven de trobar-hi aplicació comercial. Hem esmentat els noms d'ArchiCAD (el primer amb el seu *Virtual Building* al 1987), Allplan i RUCAPS, però ni ha altres com ara Sonata, Reflex, Arris, MicroGDS, Cheops amb Architron (més tard, BOA), Brics (la tecnologia del qual està present a l'actual Bentley Triforma), Master Architect, etc. Però no ha estat fins fa pocs anys que tots els fabricants de software relacionat amb la tecnologia BIM van començar a adoptar aquest terme per a identificar els seus productes per a la construcció fins arribar a la unanimitat actual. Part d'aquest consens es deu a l'esmentat article de Laiserin i al fet que Autodesk el fes servir com a identificador dels seus nous productes per al sector de la construcció (Revit i relacionats). La campanya promocional fou que la resta de desenvolupadors van haver de sumar-s'hi per a no quedar desmarcats, a pesar que alguns, com Graphisoft o Nemetschek, feia anys que comptaven amb solucions que responien a conceptes similars.

Sigui com sigui, el terme BIM és producte d'una llarga història que s'ha mantingut a l'ombra durant quasi vint anys fins, començant a aflorar en l'última dècada i especialment, en l'últim lustre. No es pot atribuir la seva autoria a cap desenvolupador de software ni per cap entitat individual, sinó per una comunitat de professionals i acadèmics.

2.2.2 CONCEPTES BÀSICS

BIM es l'acrònim de ***Building Information Modeling*** (Modelat de la Informació de l'Edifici) i es refereix al conjunt d'eines, tècniques i conceptes basades en l'ús d'informació coordinada, coherent, computable i contínua; emprant una o més bases de dades compatibles que continguin tota la informació referent a l'edifici que es pretén promocionar, dissenyar, construir o explotar. Aquesta informació pot ser de tipus formal, però també pot referir-se a aspectes com ara els materials emprats i les seves qualitats físiques, els usos de cada espai, l'eficiència energètica dels tancaments, etc.

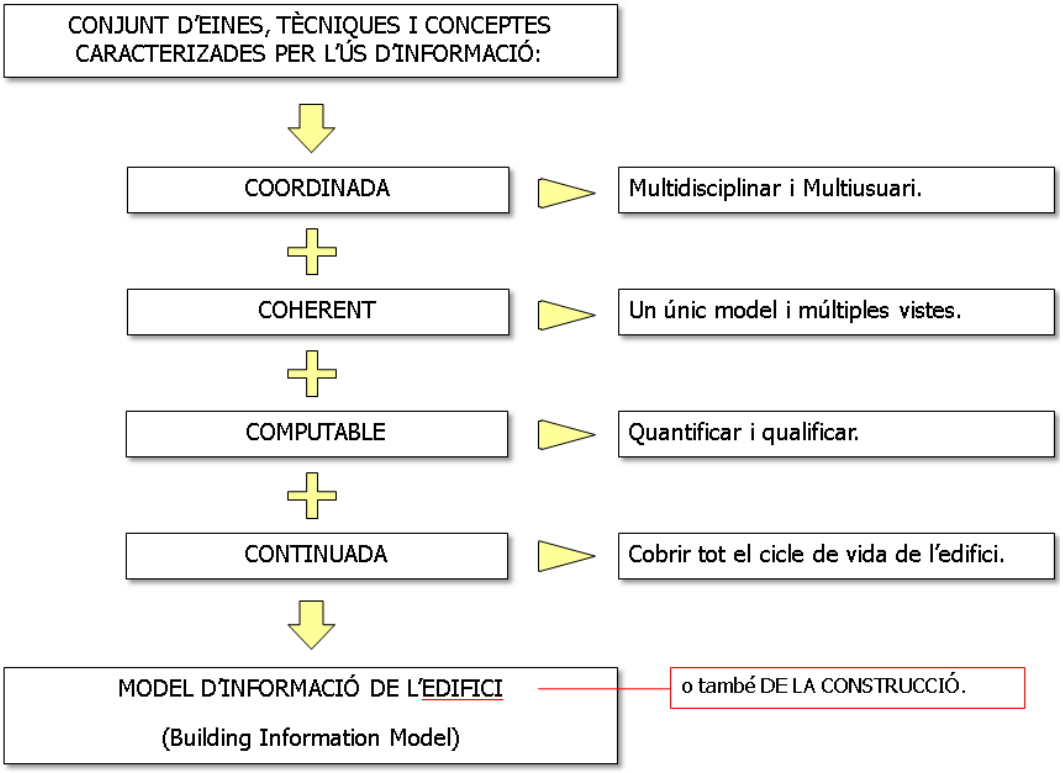


Fig. 2.25. L'ús d'informació coordinada, coherent, computable i continuada és la base per al BIM.

· Coordinada

Aconseguir que la informació estigui coordinada és essencial perquè el desenvolupament del projecte pugui portar-se a terme per part de múltiples usuaris, encara que s'ocupin de disciplines diferents. Així, dos arquitectes podran treballar en el mateix projecte amb la seguretat que la informació que un actualitzi estarà disponible automàticament per al segon. Això és bastant fàcil d'aconseguir amb les aplicacions de CAD convencionals, si s'empren els procediments adequats i hi ha pocs usuaris, però comença a ser complicat en projectes grans on intervenen molts models i dissenyadors. L'abundància d'arxius fa complicada la seva administració si no es disposa de l'ajuda d'un programari específic que ens assisteixi.

Però encara resulta més complicada la col·laboració entre professionals de diferents disciplines. Cadascun treballa amb arxius i informació diferents i la seva actualització per part de les dues parts sol fer-se manualment, la qual cosa és font d'errors i de pèrdues de temps considerables.

Un sistema basat en BIM estableix procediments on aquestes operacions es fan de manera automatitzada.

· Coherent

També s'ha d'invertir molt temps a assegurar que les dades amb les que es treballa siguin coherents entre si, ja que els elements arquitectònics als que es refereixen haurien de ser-ho una vegada es construeixi l'edifici. No només es tracta que les façanes encaixin amb les distribucions, o que les instal·lacions puguin passar pels llocs, sinó que la informació que es té de cada component sigui coherent. En aquest sentit, no ajuden massa les aplicacions de CAD tradicionals, ja que només permeten treballar amb representacions parcials que formen models que no es relacionen entre ells ni són capaços de detectar interferències entre els diferents sistemes arquitectònics (tancaments, mobiliari, instal·lacions, etc.). Aquest problema es pot superar parcialment amb l'ús de models tridimensionals, però amb ells només pot cobrir una part força petita del problema, ja que resulten bastant complexos i tediosos de construir manualment, fet que limita el seu abast. Es poden detallar tridimensionalment parts de l'edifici, però no tot. Per altra banda, les vistes tridimensionals resulten poc adequades per a estudiar determinats temes que precisen models més sintètiques (com ara les plantes per estudiar distribucions, per exemple).

La solució està en emprar tecnologia d'objectes per a poder reduir el nombre de models i a més, poder relacionar-los automàticament. Això és el que fan les aplicacions BIM. Els objectes són entitats definides segons les seves característiques d'allò que representen, que després es generen i mostren a través de tot tipus de vistes especialitzades (com plantes, seccions o axonometries). Per altra banda, perquè el seu modelat resulti controlable i ràpid, aquests components es defineixen com objectes paramètrics amb característiques i comportaments més o menys preestablerts. Així, el dissenyador ja no representa aspectes aïllats dels elements arquitectònics sinó que els dissenya segons les seves especificacions, seguint patrons més o menys flexibles, depenent de les prestacions del programari i de les seves pròpies habilitats.

· Computable

L'altre aspecte important d'aquesta tecnologia és la capacitat de quantificar eficaçment els paràmetres no formals d'un edifici. Estem parlant d'amidaments, però també d'altres qualitats computables com, per exemple, volums d'aire, recorreguts d'evacuació, consum energètic, etc. Aquestes dades representen aspectes de l'edifici que poden ser emmagatzemats en Models d'Informació. La finalitat és la de poder analitzar i simular un major nombre de comportaments mantenint les prestacions de coordinació i coherència anteriorment comentades. La clau està en comprendre que el disseny no es refereix només a criteris formals, sinó també a altres variables que no són tractables des del punt de vista de les eines de representació tradicionals.

· Continuada

Finalment, la Tecnologia BIM té present la idea que un edifici s'ha de poder estudiar durant tot el seu cicle de vida. Això inclou la fase de promoció, la de disseny, la de construcció i també la d'explotació. Així, els seus futurs usuaris podran accedir a informació que els serà útil per a

planificar el manteniment de l'edifici o per a gestionar els seus recursos (assignació d'espais, distribució de mobiliari, etc.)

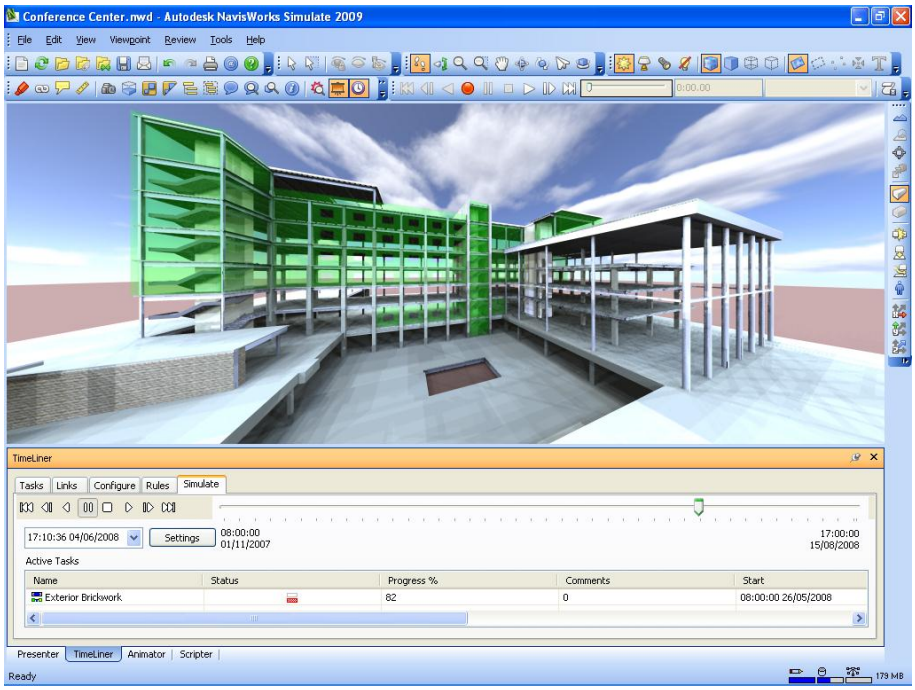


Fig. 2.26. Simulació de la seqüència de construcció d'un edifici. Permetrà planificar aspectes como l'execució de l'estructura, l'aportació de materials i personal o la gestió de residus

Tot això és possible gràcies a la creació dels anomenats "Building Information Models", és a dir els "models d'informació de l'edifici" (o, si es prefereix, de la construcció), que és el mecanisme que fa possible tots aquests objectius. Per això, BIM és refereix tant a l'acció (Modeling) com a l'objecte (Model). Per extensió, s'empra també com a adjectiu per a referir-se a quelcom relacionat amb aquesta tecnologia (com ara *objecte BIM* o *llibreria BIM*)

2.2.3 QUÈ SÓN LES APLICACIONS I EINES BIM ?

Una ***Aplicació BIM*** és aquella que està dissenyada per a la creació de models BIM amb la intenció de centralitzar el màxim la informació de l'edifici. Aquests models estan formats per objectes paramètrics contenidors d'informació multidisciplinar dels quals es pot extreure diverses menes de vistes, com ara visualitzacions gràfiques i alfanumèriques però també paquets de dades per al seu processat extern. Podem resumir les característiques de les aplicacions BIM amb tres adjectius: Paramètric, Multidisciplinar i Multivista.

Atès que la Pràctica Integrada gira entorn de l'ús d'un únic Model d'Informació (o diversos de coordinats), les aplicacions BIM en són el nucli central en quant a software, però actualment només poden cobrir una petita part del coneixement i de les tasques necessàries per a dur a terme el procés constructiu. Per aquesta raó cal emprar altre mena d'eines que treballin amb models creats a partir de l'extracció de part de la informació del BIM o accedint a ella a través de connexions directes. És el que anomenarem ***Eines BIM***, que són programes destinats a analitzar les característiques d'aquestes dades o fer simulacions a partir d'elles. Les aplicacions

BIM solen tenir algunes competències al respecte, però les eines BIM s'especialitzen en un camp concret, com el càlcul estructural o l'anàlisi del compliment de normatives. Tot i que es va avançant en la seva capacitat de connexió amb les bases de dades de les aplicacions BIM, sovint precisen que l'usuari re-introdueixi part de la informació en els models que empren.

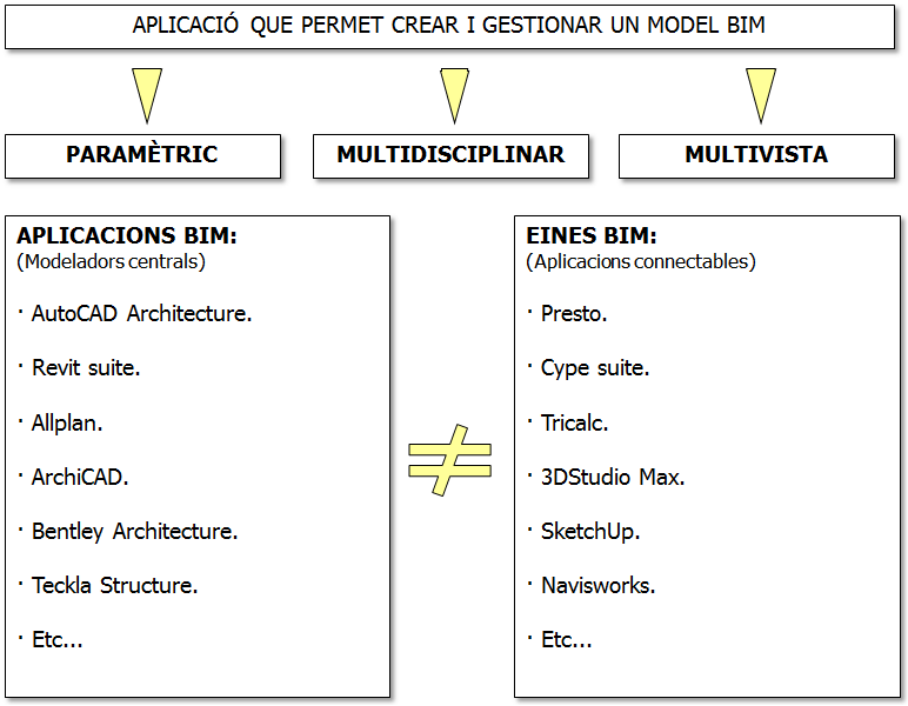


Fig. 2.27. Paramètric, Multidisciplinar i Multivista són els principals adjectius que defineixen una aplicació BIM

· Què no és una aplicació BIM?

Durant l'any 2008 es va veure com la majoria de desenvolupadors d'aplicacions de CAAD han qualificat els seus productes com a BIM. Això va generar una certa polèmica (molt aguda al principi i molt diluïda actualment) sobre si tal o altra aplicació de CAAD és pot qualificar d'aplicació BIM o no. Aquesta discussió ha servit per omplir diversos articles de les més prestigioses revistes especialitzades i centenars d'entrades a fòrums. Sembla un tema trivial, però quan l'usuari s'enfronta a l'adquisició d'un software determinat ha de saber si el producte que li venen pot cobrir les seves expectatives.

En la meva opinió, es pot qualificar d'aplicació BIM aquella que pugui respondre als tres adjectius esmentats al principi d'aquest apartat en el sentit que es detallarà en els tres següents. De tota manera, tampoc estan gens malament els criteris que Eastman, Teicholz, Sacks i Liston estableixen al seu llibre "BIM Handbook, a guide to Building Information Modeling" (2007) per a excloure d'aquest grup qualsevol aplicació que generi models que:

- ***Continguin objectes tridimensionals però sense la capacitat de contenir atributs***. Això descarta aplicacions que permetin el modelat tridimensional (fins i tot paramètric) automatitzat com ara 3DStudio Viz, o els pluguins per a Rhino o Sketch-up que existeixen al mercat. En canvi si que hi entrarien aplicacions que no generin models tridimensionals com ara les de càlcul energètic.

- ***No suportin comportament paramètric***. La interrelació entre objectes paramètrics és essencial per al BIM. És el tema més complex a nivell de programació i per això és el que comporta més mal de caps als desenvolupadors.

- **Es basin en multitud d'arxius amb informació bidimensional** que han de ser combinats per a definir l'edifici. No és possible generar un model tridimensional coherent a partir d'ells.

- ***Permetin l'edició de les representacions extretes del model sense que aquestes l'actualitzin automàticament***. És a dir, aplicacions que generin vistes desvinculades i editables. La raó és que aquesta possibilitat trenca el principi de coherència i coordinació de les dades, al promoure l'existència d'informació contradictòria. El problema d'aquesta afirmació és que, encara que personalment la subscric, deixa fora la majoria d'aplicacions BIM per al disseny arquitectònic que es venen a Espanya com ara AutoCAD Architecture, Bentley Architecture i Nemetschek Allplan. Revit i ArchiCAD permeten afegir informació 2D desvinculada però mantenen la bidireccionalitat automàtica de l'edició del model des de totes les seves vistes.

2.2.4 BIM PARAMÈTRIC

El model d'informació que gestiona una aplicació BIM està compost per una sèrie d'objectes que es dissenyen segons les característiques essencials que els defineixen, és a dir, es parametritzen. Això es fa mitjançant una interface que els conceptualitza i que assisteix la seva creació oferint multitud de paràmetres preestablerts en relació a la naturalesa de l'element que es vol crear. Un mur, per exemple, es pot descriure segons diferents paràmetres: nombre de capes, gruix de cadascuna, alçada, materials, recorregut, etc. Després, necessitarem d'una interface gràfica que permeti editar-ho dinàmicament mitjançant pinçaments o variant les seves característiques en un llistat desplegable. En qualsevol dels casos, estem modificant els paràmetres que defineixen l'objecte i, de rebot, el seu aspecte aparent. Però també es pot anar més enllà incloent una altra classe de paràmetres no dimensionals, com per exemple, el color, el material i pes, el nom, etc. L'objecte esdevé així molt més complet mantenint la facilitat d'edició, al poder accedir directament a les seves característiques. Així, ja no es modelen representacions literals, sinó que es descriu l'objecte en si mateix cobrint tot els punts de vista necessaris. D'aquesta manera, l'edifici es pot controlar de forma global en tots els aspectes que hagin estat introduïts en el seu model d'informació. En canvi, amb una eina de CAD literal, s'inverteix molt temps representant-ho mitjançant múltiples models amb la finalitat de poder-lo controlar, només mentalment, en la seva globalitat.

Una vegada s'aconsegueix parametritzar un objecte, també es pot intentar parametritzar la relació que té aquest amb la resta. Això s'aconsegueix relacionant uns paràmetres amb uns altres. Per exemple, el perímetre exterior d'una fusteria serà igual a l'obertura que s'haurà de practicar en el mur que l'allotja. D'aquesta manera, no només s'automatitza la transmissió de les influències que tenen els objectes entre si, sinó que es possibilita el seu disseny en relació a les característiques de la resta. Així, cada component es crea en funció de les propietats que el fan únic i de les que el fan formar part d'un sistema constructiu, aconseguint un model molt interactiu i mal·leable. Per tal que tots aquests paràmetres puguin interactuar, és necessari

tractar el model paramètric com una base de dades unificada que estigui estructurada i optimitzada per a fer possible aquestes interrelacions. Així, també es possibilita que objectes de diferents sistemes puguin relacionar-se entre ells i que el seu accés sigui centralitzat, fent realitat la desitjada coordinació multidisciplinar i multiusuari.

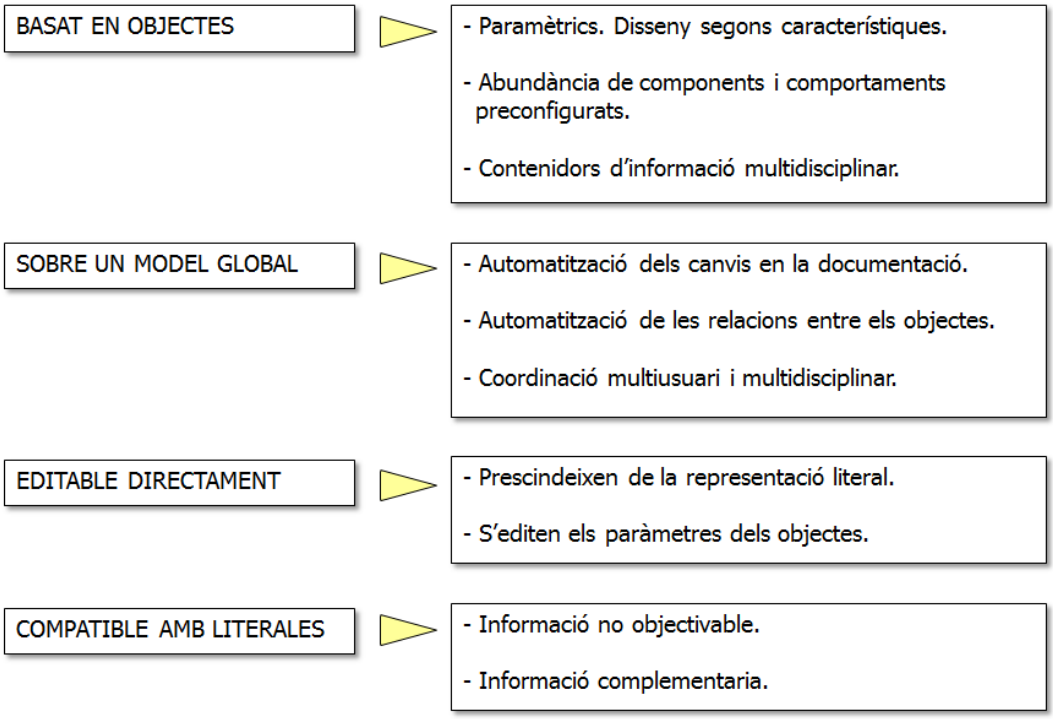


Fig. 2.28. Una aplicació BIM està basada en objectes que s'interrelacionen i poden ser directament editats en les seves característiques. No obstant, encara han de conviure amb components literals.

· Estructures paramètriques

Parametritzar vol dir descriure un objecte en funció de les relacions entre els factors que el defineixen. En arquitectura, la majoria de les relacions són de tipus geomètric. Per exemple, si volem parametritzar l'espessor d'un tancament, assignarem el paràmetre "espessor" a la regla que controla l'equidistància de les seves cares interior i exterior. Les regles poden vincular paràmetres d'objectes diferents. Així, si inserim una porta en aquesta paret, el gruix del marc es podrà adaptar al seu espessor. La parametrització empra una estratègia diferent a la representació literal. Mentre que aquesta es concentra en descriure directament les propietats d'un objecte, l'altra es centra en definir la relació entre elles, de tal manera que es pugui controlar l'objecte a través de l'edifici d'algunes propietats clau (convertides ja en paràmetres). Per exemple, si creem un model paramètric d'una taula on el material del seu taulell depengui del nom del seu model, obtindrem un paràmetre textual que controla una propietat de l'objecte Si aquesta qualitat, el material, té a més efectes en el color de l'objecte, en la reflexió de la llum, el cost del moble, etc., serà al seu torn un paràmetre que controlarà aquestes propietats. Les relacions entre propietats i paràmetres depenen de fins a quin punt s'automatitzi l'actualització d'un vers a un altre. Fins i tot diversos factors relacionats poden ser paràmetres si tenen la capacitat d'interactuar recíprocament.

L'avantatge de les representacions paramètriques és que permeten descriure tants aspectes com es desitgi mantenint el control de l'objecte, cosa que no passa amb les representacions literals.

Parametritzar un objecte no és una tasca fàcil. De fet, fer-ho des de zero és realment complicat i la gran majoria dels potencials usuaris d'aplicacions BIM no en seria capaç. I encara que ho fos, el procés resultaria excessivament costós per a les seves necessitats. Per això totes les aplicacions paramètriques i, en especial, les aplicacions BIM, empren objectes en els que gran part del seu comportament (regles + paràmetres) està predefinit. Gràcies al fet que la majoria dels elements arquitectònics tenen unes característiques força previsibles, almenys geomètricament, les aplicacions BIM poden oferir un ventall d'objectes paramètrics preconfigurats capaços de cobrir la majoria dels casos. D'aquesta manera, s'aconsegueix simplificar moltíssim la creació dels elements i augmentar la productivitat del procés de modelat, així com la seva interactivitat.

Pel que fa a aquest grau de preconfiguració, normalment ens trobarem que els grans sistemes de tancament i estructurals (parets, façanes, sostres, cobertes, etc.) solen estar molt tabulats, ja que solen tenir geometries senzilles i, per altra banda, han de servir de suport a la resta d'elements. En el cantó oposat estan els components de característiques més variables, com les fusteries, el mobiliari o les instal·lacions, per als que les aplicacions BIM disposen d'extenses llibreries de components que poden ser emprades directament o personalitzades a gust de l'usuari.

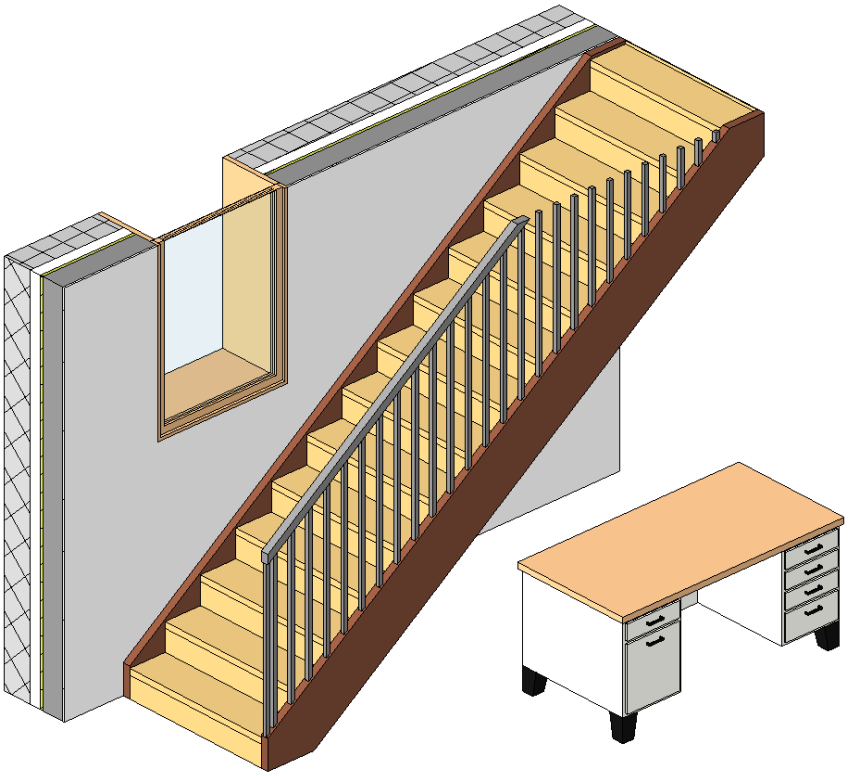


Fig. 2.29. Tres objectes paramètrics preconfigurats. L'usuari només ha de col·locar-los i establir les seves condicions. Modelar literalment aquests objectes duria una bona estona. Amb una aplicació BIM és cosa de segons. Editant-los encara es guanya més temps, ja que només cal variar els valors dels seus paràmetres.

Per a cobrir els casos particulars, cada aplicació té la seves pròpies estratègies per al modelat d'objectes paramètrics altament personalitzats, que van des d'eines força gràfiques a llenguatges de programació. No obstant, el seu grau de llibertat formal, tot i que millora a cada versió, sempre estarà un pas enrere del CAD paramètric especialitzat en propietats topològiques, ja que tant les característiques dels paràmetres com de les regles que els relacionen són més limitades i a més varien sensiblement segons la naturalesa de cada objecte.

Les aplicacions BIM auditen contínuament el modelat paramètric per a evitar que el model esdevingui inestable, fet que obliga a incorporar un elevat grau d'intel·ligència als sistemes i a limitar de manera intencionada els mecanismes i les possibilitats de modelar. Aquest plantejament paternalista augmenta molt la usabilitat del programes i l'estabilitat dels seus models, cosa molt desitjable per a l'ús al que estan destinats. La contrapartida és que impossibilita la total portabilitat entre aplicacions BIM ja que cadascuna té el seu propi sistema d'intel·ligència paramètrica. Un ***model literal*** resulta molt més traduïble que un ***model d'informació***. Passa el mateix que amb qualsevol base de dades complexa, no és senzill passar-la d'un format a un altre i quan es fa, sovint se'n perd part de la informació. Actualment, el que s'aconsegueix és passar part de la informació d'un model a un altre, cosa que permet el treball multidisciplinar però no el multiplataforma.

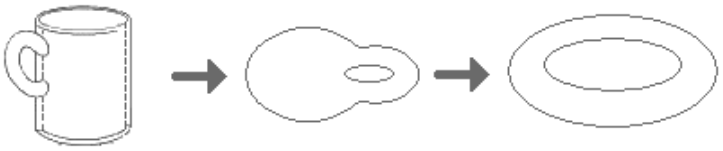


Fig. 2.30. Un exemple molt conegut: una tassa i un tor poden escriure topològicament de manera idèntica a través d'una parametrització complexa. Mes tard, es pot controlar la transició entre un i altre estat a través d'un sol valor percentual. No és l'objectiu d'una aplicació BIM arribar a aquesta sofisticació.

· Propietats, paràmetres i atributs

Un model d'informació es diferencia d'altres models paramètrics per la seva especialització en la capacitat de contenir informació en el sí dels seus objectes. Aquesta pot ser absolutament heterogènia i, no obstant això, relacionable. Segons el grau de vinculació, podem distingir tres tipus d'informació, les propietats, els paràmetres i els atributs. Aquesta classificació no és intrínseca a la informació mateixa, sinó que depèn del context en què és processada. El que per a una aplicació pot ser un atribut, per un altra pot esdevindre un paràmetre. Fins i tot una dada pot passar d'un estat a un altre mitjançant l'edició de les regles que els vinculen.

Anomenem ***propietats*** a les qualitats intrínseques d'un objecte. Quan es crea un model literal, el que es fa és descriure aquestes propietats des d'una perspectiva determinada. Si agafem una taula, el nombre de potes, mesures del taulell, materials emprats són propietats d'ella que poden ser representades de maneres diferents (gràfica o alfanumèricament).

Quan relacionem una propietat amb una altra mitjançant una regla, almenys una d'elles esdevé un ***paràmetre*** de l'altra. Així, en l'expressió matemàtica "a = 3b" tindríem que "b" és un paràmetre de "a" i "a = 3b" la regla. "a" queda indefectiblement lligat al valor de "b" i per tant,

la seva descripció es pot formular com una relació amb "b". Si el nostre sistema paramètric permetés editar directament el valor de "a" i ajustar en conseqüència el de "b", ambdós serien considerats paràmetres. Val a dir que aquesta reciprocitat es sovint evitada en els sistemes paramètrics pel perill d'inestabilitat que representa l'establiment d'una regla bidireccional. Tornant a l'exemple de la taula, l'amplada i la llargària del taulell podrien ser paràmetres si s'establissim regles paramètriques que controlessin totes les cares del sòlid que el representa tridimensionalment a partir d'aquest valors. L'àrea del taulell, en canvi seguiria sent una propietat de l'objecte, influenciada, això sí, pels nous paràmetres.

Ben mirat, la majoria de les propietats dels objectes resulten paràmetres en algun que altre context. Per exemple, la capa on està un objecte, que es podria entendre com una simple propietat, esdevé paràmetre quan el sistema de visualització el processa, ja que el té en compte a l'hora de decidir si apareix o no en la vista actual i com ho fa. Per tant, la parametrització depèn totalment de que les regles siguin interpretades, fet força obvi, per altra banda.

Les propietats poden ser extretes dels objectes per la seva anàlisi i, per aquesta raó, les aplicacions BIM presten especial atenció al desenvolupament d'eines especialitzades per a tal tasca. Per altra banda, és molt més senzill obtenir-les si depenen de paràmetres que descobrir-les en els objectes, ja que en el primer cas estan implícites en la definició dels objectes i en el segon cas, cal emprar tècniques específiques per a cada mena d'objecte. Per exemple, és molt més senzill esbrinar l'àrea d'una cambra si les seves dimensions estan definides (per ser un objecte paramètric), que analitzar el seu perímetre i calcular-la. Els BIM pretenen simular el comportament de l'edifici en la realitat i per a fer-ho, cal veure com uns pocs factors (paràmetres) poden condicionar-ne molts altres (propietats).

Per últim, tenim els ***atributs***. Un atribut és una informació adjuntada a un objecte que no manté cap relació amb cap altra dada. El seu objectiu és ampliar el coneixement acumulat en l'objecte simplement citant-lo. Més tard, aquest coneixement pot ser recopilat i emprat amb alguna intenció. Seguint amb la taula, podríem afegir-hi, per exemple, l'atribut de l'usuari que en gaudirà en un edifici d'oficines. Una taula és una taula encara que no disposi d'aquesta informació, però tenir-la amplia el valor de la seva informació. Com en el cas anterior, un atribut pot transformar-se en un paràmetre si és llegit per una regla que l'estigui esperant. Per exemple, aquesta mateixa taula, podria servir per a representar la presència del treballador en qüestió i fer que les propietats d'acabats d'una cambra s'ajustessin a les preferències de l'usuari del moble. Quan aquesta es trasllada d'un departament a un altre, l'espai en queda personalitzat. L'atribut s'ha convertit en paràmetre. El mateix passaria a la inversa, si es fa que aquesta dada depengui de l'assignació de l'espai a un treballador en concret, l'atribut passa a ser una propietat *inevitable* de la taula.

La inclusió d'atributs és un tema molt important en les aplicacions BIM perquè són la base del treball multidisciplinar. Un atribut d'un objecte, com ara el pes del material del que està fet, pot esdevenir un paràmetre per a una eina BIM que en calculi la seva incidència en les càrregues estructurals. Per a que el flux d'informació no s'interrompi, cal que diferent informació (paramètrica per algunes aplicacions i atributiva per a d'altres) sigui inclosa als objectes per diversos professionals. En l'apartat següent es parlarà sobre les estratègies que hi ha per dur-ho a terme.

· Categories, Famílies, Tipus i Exemplars

En general, totes les aplicacions BIM organitzen els seus objectes a partir d'un esquema basat en un ordre jeràrquic que comença pel que podríem anomenar ***Categoria*** de l'objecte. Hi ha una categoria per a cada mena d'element arquitectònic. Així, murs, sostres, portes, finestres, aparells d'aire condicionat, aixetes, etc, són objectes de categories diferents. Cada aplicació empra la seva pròpia classificació, però s'acostumen a semblar entre sí. De fet, la pròpia interface de les aplicacions s'estructura al voltant de la creació d'aquestes categories d'objectes, oferint eines específiques per a la creació i edició de cadascuna d'elles.

Dins de cada categoria trobem les definicions de les ***Famílies*** dels objectes. Un família és una definició paramètrica d'un objecte del qual en poden obtenir variacions canviant el valor dels seus paràmetres. Per exemple, les especificacions d'un model determinat de porta serà un família que cobrirà totes les variacions que s'hagin creat per a ella, com ara diferents mides o acabats.

Cadascuna d'aquestes variacions d'un mateix prototipus s'anomena ***Tipus***. Els tipus serveixen per a emmagatzemar sota un nom diverses configuracions de models paramètrics. El seu potencial està en el fet que si es canvien els valors dels paràmetres d'un tipus, tots els objectes inserits d'aquest seran actualitzats amb les noves especificacions. Hi ha aplicacions BIM que no treballen amb definicions de tipus, per la qual cosa disposen d'eines avançades de selecció i edició massiva de paràmetres.

Finalment, cada objecte del model s'anomena ***Exemplar***. Segons com s'estableixen els paràmetres en la creació de les famílies, dos exemplars poden ser diferents si alguns dels seus paràmetres estan definits com a independents del tipus, és a dir, de valor definible independentment per a cada exemplar. Son els anomenats ***Paràmetres d'Exemplar***. Les aplicacions que no empren tipus creen objectes on tots els seus paràmetres són d'exemplar. L'ús de tipus, permet gestionar millor grups d'objectes, però obliga a ser molt escrupolós i sistemàtic en la seva definició.

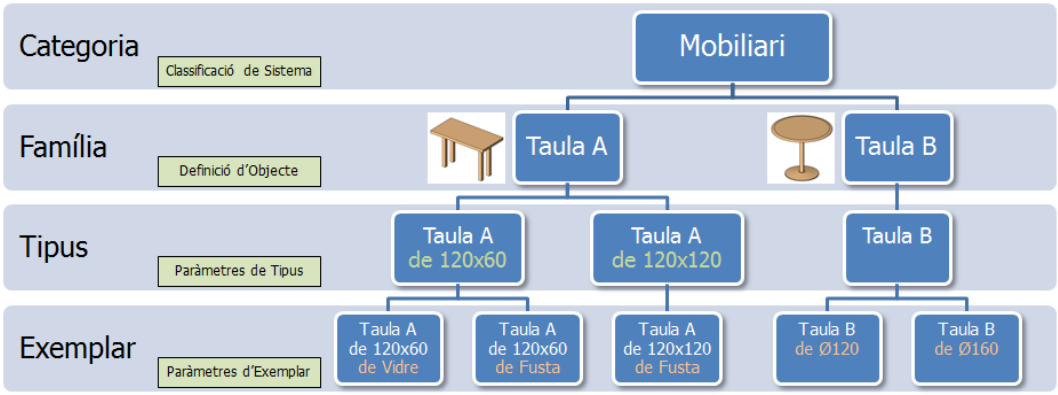


Fig. 2.31. Exemple de dues estratègies en la definició d'un objecte paramètric. En el cas de la Taula A, es defineixen dos tipus, deixant a l'usuari l'opció d'escollir-ne el material. La Taula B, en canvi, pot tenir qualsevol diàmetre en totes els seus exemplars. Si decidim que la taula A de 60 ha de ser una mica més ampla, podrem actualitzar-les totes simplement canviant la definició del tipus "120x60" per una altra, com ara "120x70" i canviar el valor dels seus paràmetres en conseqüència. Amb la Taula B, haurem de seleccionar les que complexin una determinada condició i canviar-ne el valor.

Pel que fa als termes Categoria, Família, Tipus i Exemplar, cal aclarir que han estat presos d'una aplicació BIM en concret, Autodesk Revit. El motiu és que l'estructura de la seva base de dades és molt clara i explícita i que, a més, pot servir per a explicar la de la resta de solucions. Tot i que existeixen altres termes tant o més vàlids que es podrien haver emprat, s'ha preferit acollir-se a una terminologia existent que inventar una de pròpia.

REVIT	ARCHICAD	INDUSTRIAL	PROGRAMACIÓ	NATURAL
Categoria	Subtipus	Categoria	Categoria	Gènere
Família	Objecte	Sèrie	Classe	Espècie
Tipus	(definit per script)	Model	Classe	Raça
Exemplar	Element	Exemplar	Instància	Exemplar

Fig. 2.32. Equivalència terminològica en diversos contextos. Els tipus en ArchiCAD es defineixen mitjançant el codi de programació dels objectes i la seva selecció es fa des de la pròpia interface de configuració amb la terminologia que hagi escollit el creador de l'objecte. En programació trobem les classes, que conceptualment són molt similars a les famílies, ja que l'estructura d'un model d'informació és heretera de la programació vers objectes. En aquest context, cada crida a una classe s'anomena instància, terme emprat també en la versió anglosaxona de Revit. Aquí se'n va descartar el seu ús per qüestions semàntiques.

· Famílies segons el grau de personalització

Totes les aplicacions BIM agrupen les famílies d'objectes segons tres gran grups de famílies: les de sistema, les in-situ (no presents a totes) i les de component. Naturalment, el nom que se'ls dóna varia d'un software a un altre, però conceptualment aquesta distinció és manté d'una forma evident. La raó més important per a fer aquesta distinció és garantir la coherència del model i dotar-lo d'una estructura jeràrquica de control. Les famílies de sistema són les que gaudeixen d'unes possibilitats de personalització més limitades i les de component, les més lliures. En un terme mig estan les in-situ.

Les ***famílies de sistema*** són aquelles que vénen predefinides per l'aplicació. Tot i que com tots els objectes, són susceptibles de ser enriquits amb atributs, les seves regles paramètriques ja estan definides. En general, es tracta de famílies que han de servir de referència per a l'ancoratge d'altres objectes o que tenen una morfologia molt previsible. Per exemple, les famílies que simulen tancaments d'obra acostumen a ser de sistema en totes les aplicacions. També els eixos o plans de referència, així com les cotes o les vistes. La raó és mantenir la usabilitat en el modelat d'uns objectes que precisen un alt nivell d'interrelació amb altres elements del model o que, per el contrari, són tan simples que no val la pena oferir mecanismes oberts de personalització.

En el cantó oposat tenim les ***famílies de component***. Es tracta d'objectes totalment personalitzables que únicament tenen preestablerts certs comportaments i dependències en funció de la categoria a la qual pertanyin. També són elements susceptibles de ser emprats en altres projectes perquè es poden desar en arxius independents. També tenen uns límits topològics clars. En són exemples les peces de mobiliari, les màquines frigorífiques, els símbols, etc. Normalment, es tracta d'objectes molt autònoms amb una escassa capacitat per a relacionar-se amb altres objectes del model global. La seva creació es du a terme en un entorn independent amb eines específiques que permeten operacions geomètriques i paramètriques més complexes.

Ena un posició intermèdia tenim les ***famílies in-situ***. Es tracta d'un tipus de família que no està present en totes les aplicacions i que representa una estratègia per a resoldre casos especials com ara famílies de sistema personalitzades o per famílies de component que s'hagin de relacionar amb elements concrets del BIM. Aquesta mena de famílies es creen en el context del model global (igual que les famílies de sistema) i s'hi estableixen in-situ els paràmetres i les regles que els relacionen. Podria pensar-se que és una manera ràpida de generar components, però a la pràctica, resulta molt més pràctic generar-los en entorns independents.

· Famílies segons el grau de dependència

Qualsevol aplicació que empri tecnologia d'objectes es basa en un odre jeràrquic que permeti controlar grups d'objectes per d'altres que els contenen. En els models BIM, aquest ordre s'estableix segons criteris fonamentalment geomètrics. Una paret qualsevol, per exemple, arrossegarà les obertures que s'hi trobin i es mantindrà ancorada al nivell marcat per al pis on es troba. Aquesta qualitat és summament important perquè, per una banda, permet controlar grups d'objectes a través de l'edició d'altres situats més amunt en l'ordre jeràrquic i per l'altra, garanteix la coherència topològica del model. Quan més rígides i inevitables siguin les relacions jeràrquiques, més estable serà el model però més limitada serà la seva edició.

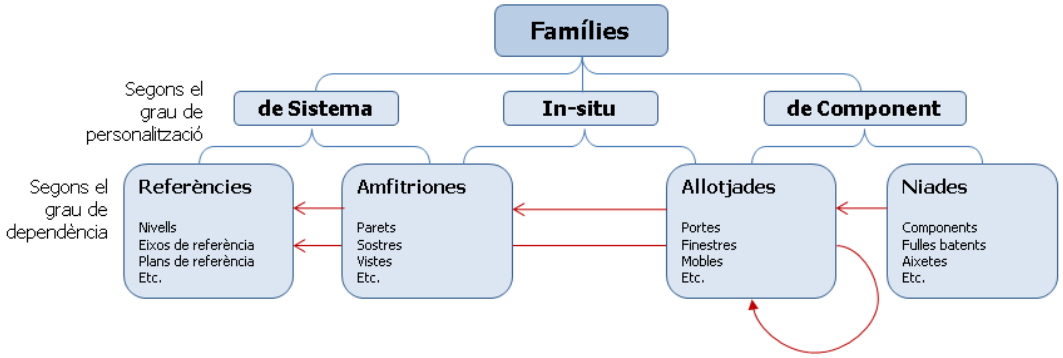


Fig. 2.33. Classificació de les famílies segons el grau de personalització i de dependència. En general, les famílies in-situ només serveixen per a modelar objectes amfitrions o allotjats.

En el nivell més alt tenim les ***famílies de referència***. Es tracta de famílies de sistema que tenen com a missió estructurar el model. Les més indispensables són les que defineixen els plans de referència horitzontals que serviran de referència a la majoria d'elements del model. Hi ha aplicacions que no els representen com a objectes en si (com ara les que empren bases de dades distribuïdes) però la seva presència roman implícita en la configuració del projecte. També són comuns els eixos de referència (que podrien equivaldre als eixos de replanteig emprats en els plànols actuals) i altres elements similars.

Sobre aquests objectes s'hi ancoren les ***famílies amfitriones***, que representen els grans sistemes arquitectònics. Bàsicament es tracta dels tancaments verticals i horitzontals i dels sistemes de visualització (ja que els punts de vista que els defineixen han de tenir alguna referència espacial).

Les famílies amfitriones, normalment de sistema o in-situ, reben components generats de forma independent i que són susceptibles de ser emprats en altres models. És tracta de les ***famílies allotjades*** i acostumen a ser de component o in-situ en la majoria de sistemes. Portes i

finestres en son bons exemples, però també ho son les lluminàries i els elements d'anotació (que estan allotjats a les vistes). Algunes d'aquestes famílies es poden relacionar directament a elements de referència, com ara els mobles però també poden estar vinculats a les cares d'altres famílies. Tot depèn de com estiguin descrites. Sigui com sigui, sempre estan relacionades amb algun o altre objecte.

Finalment, dins de les famílies de component trobem les ***famílies niades***, que són el que podríem anomenar sub-components. Es tracta de peces modulars que poden donar servei a més d'una família i que són inserides en el sí de la creació de famílies de component. Els valors dels seus paràmetres acostumen a estar controlats per la família que els rep per tal d'adaptar-los a les seves necessitats. Els fulls batents d'una finestra elaborada es poden generar com a famílies de component i després niar-les en diverses famílies de finestres per generar variacions topològiques a partir del mateix component bàsic (amb diferent nombre de batents, per exemple).

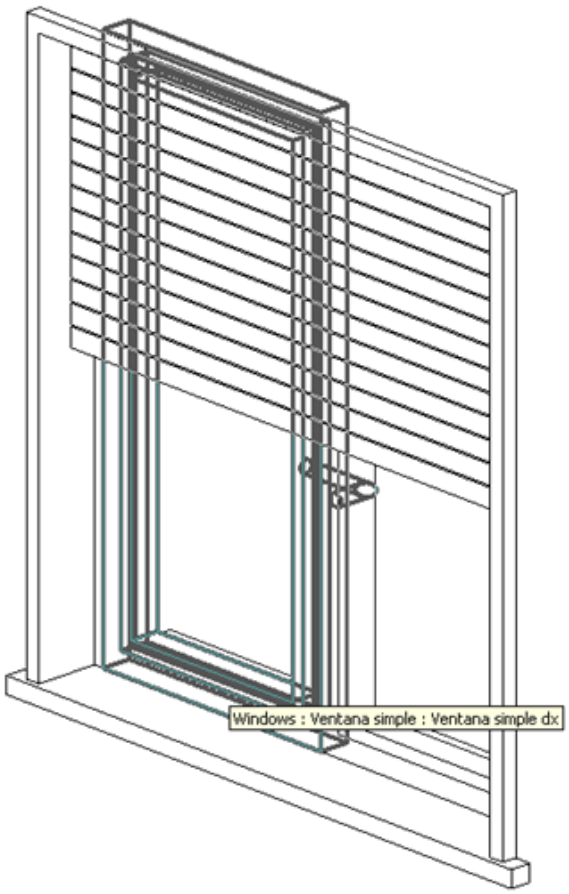


Fig. 2.34. El full batent senyalat és una família niada en la família de la finestra, la qual només conté el marc i l'escopidor. La persiana també és un component niat.

· **Famílies segons la seva funció**

Des del tipus de vista de la seva funció en el model d'edició, poden distingir entre cinc tipus bàsics d'objectes.

- ***De model***: Tenen la funció de simular elements físics de l'edifici. Contenen el gruix de la informació del projecte, ja que són capaços d'allotjar tota mena de dades.

- ***De vista***: Controlen les característiques de les visualitzacions que s'extreuen del model. Aquestes poden ser gràfiques, amb la qual cosa inclouen informació sobre el punt de vista i els plans de quadre, de tall i de profunditat, o alfanumèriques, amb la definició de les dades que es volen extreure dels objectes.

- ***D'anotació***: Estan destinades a mostrar informació de l'objecte de forma alfanumèrica. Com a exemples, tenim les etiquetes de tota mena i els textos. Les seves característiques depenen de les vistes, ja que les seves dimensions s'adapten a la seva escala de visualització per tal de mantenir-ne la llegibilitat. També solen estar allotjades en elles, de tal manera que només seran visibles en aquelles vistes on hagin estat inserides.

- ***De referència***: Tal com indica el seu nom, serveixen de referència espacial per als objectes de model.

- ***De delineació***: Són objectes destinats a complementar les vistes amb informació bidimensional. També depenen de les vistes sobre les que es superposen. Un cas típic són els dibuixos de detall constructiu, però també qualsevol entitat que complementi una vista. No s'han de confondre amb entitats de model bidimensionals.

· **Captura del coneixement**

Els models d'informació poden allotjar tota mena d'entitats, són com una mena de base de dades heterogènia. Depenent de les dades que continguin els objectes i de com hi estigui allotjada, seran més o menys capaços de capturar el coneixement que sobre la matèria tenen els professionals que construeixen el model. D'aquesta manera, els models poden passar de ser meres representacions del coneixement a representar el coneixement en si mateix mostrant prestacions d'intel·ligència.

En un BIM coexisteixen quatre menes d'objectes que es mostren aquí ordenats de menor a major capacitat de captura de coneixement.

- ***Objectes literals***. Totes les aplicacions BIM deixen un espai per a la representació literal amb la finalitat de cobrir determinades situacions en què no es pugui generar un objecte adequat, però el seu ús ha de ser necessàriament restringit si es vol ser fidel a la Tecnologia BIM. Únicament són útils per a representar aquells aspectes que no s'és capaç de discretitzar. Un exemple típic són els detalls constructius, tot i que ja hi ha aplicacions capaces de elaborar-los paramètricament en el camp del disseny d'estructures. A mesura que la sofisticació i la usabilitat dels sistemes de parametrització es vagi incrementant, aniran desapareixent dels models BIM.

- ***Objectes paramètrics***. Es tracta d'elements que són descrits segons les seves propietats essencials i la manera com es relacionen entre si. La seva pròpia descripció explica quines son les lleis de l'objecte i a més, en permet l'edició seguint aquestes condicions. Teòricament, inclouen les prestacions dels elements literals, però depenent de les capacitats del software emprat i del seu usuari, podran no resultar adequats per a cobrir determinades parcel·les o, per al contrari, permetre arribar a objectius més elevats. El disseny d'elements complexes, com ara els tancaments amb formes lliures, són quasi impensables sense l'ús d'eines paramètriques.

- ***Objectes d'informació***. Quan a un del elements anteriors se'ls afegeix informació en forma d'atributs, obtenim aquest nou tipus. Com a basats en elements literals, tenim els exemples dels objectes de GIS o els blocs d'AutoCAD inserits en un model BIM. Però els que inclouen elements paramètrics són l'arquetip dels Models d'Informació. Gràcies a ells es poden realitzar anàlisis complexes que precisin la recopilació de propietats no evidents dels objectes o de dades relacionades amb d'altres. Exemples d'això són l'extracció de dades per a fer amidaments i previsions de costos o les aplicacions per a la gestió eficient dels espais d'un edifici.

Modelar objectes d'informació realment útils requereix d'una sabia combinació de dades literals, paramètriques i d'atributs en objectes que acumuli el màxim de coneixement de la manera més eficient. El modelador que el crea incorpora en ell la informació que l'interessa i el dota de les regles de comportament adequades. D'aquesta manera, és capaç d'emular la realitat o idea que simula i d'emmagatzemar les dades que es tenen en relació a ella. Per exemple, podem modelar un objecte tridimensional que simuli una obertura amb un grau de detall raonable per a les vistes tridimensionals, que incorpori entitats bidimensionals que reprodueixen amb gran fidelitat tots els seus elements seccionats per tal que apareguin en les vistes de detall sense entorpir el rendiment de la resta, que s'adapti convenientment als canvis de mesures que s'estableixin i que contingui informació sobre el model, fabricant, rendiment energètic i capacitat de ventilació que pugui ser emprada per a aplicacions específiques de càlcul. D'aquesta manera s'aconsegueix un objecte que permet ampliar el coneixement que es té d'ell mitjançant simulacions del seu comportament i anàlisis de les seves característiques.

La simulació és la prestació clau dels models d'informació i aquesta depèn enormement de la qualitat de la informació incrustada en el model i de la seva usabilitat. L'ús d'objectes d'informació per si mateix no garanteix que un BIM sigui útil als seus beneficiaris, així que cal crear-los amb uns criteris que permetin capturar el coneixement dels implicats en el procés edificador.

Tot i que el seu modelat resulta més complicat de realitzar per a l'usuari i requereix d'un major esforç, a mesura que augmenta l'experiència de l'usuari, els seus models van incorporant progressivament més coneixement si es persegueix aquest objectiu amb diligència.

OBJECTE	PRESTACIÓ
Literal	Representació
Paramètric	Comportament
d'Informació	Coneixement

Fig. 2.35. Correspondència entre la capacitat de captura del coneixement dels objectes i les prestacions que se'n poden obtenir.

· **Emmagatzematge de la informació**

La capacitat per a accedir a la informació del model i poder relacionar-la depèn plenament de com estigui estructurada la base de dades, i aquesta, de com estigui físicament emmagatzemada. Determinades relacions no es poden establir si no es té un accés ràpid a les dades i per això trobem que la manera amb que es desa físicament la informació resulta crucial per al rendiment dels Models d'Informació. En aquest sentit, ens trobem amb dues estratègies diferents:

· ***Accés a memòria***. Bàsicament es tracta d'emmagatzemar el model en un únic arxiu i carregar tot el model en memòria per a visualitzar-lo i editar-lo. Aquest sistema permet accedir a les dades ràpidament i de manera dinàmica i per això possibilita establir relacions complexes entre qualsevol objecte del model. Per altra banda, el grau d'interactivitat es molt elevat, ja que es té accés simultani a la totalitat del projecte, cosa que permet, a més, editar-lo a través de qualsevol vista que se'n extregui.

Òbviament, el preu a pagar és un consum de recursos de hardware elevats, així com un nivell de programació exigent. Tampoc ajuda a la escalabilitat del projecte, és a dir, a la seva capacitat per a créixer indefinidament i de canviar la seva organització estructural. Naturalment, les aplicacions que empren aquest sistema disposen d'estratègies per a optimitzar l'ús dels recursos i permeten subdividir el model en diverses parts, però sempre cal tenir en compte aquest factor quan s'empren. Per altra banda, el treball multiusuari sobre el mateix model depèn del sistema que ofereixi l'aplicació i no acostuma a ser senzill de configurar i d'usar. No obstant, es de preveure que aquestes limitacions es vagin diluint amb el pas dels anys.

- ***Accés a fitxers***. Es tracta d'emmagatzemar la base de dades en multitud de fitxers segons uns determinats criteris que solen tenir a veure amb una divisió conceptual del projecte segons àmbits físics (normalment plantes) i categòrics (particions, mobiliari, instal·lacions, vistes, etc.). El model queda doncs repartit en un gran nombre de fitxers als que s'hi accedeix segons es necessita. D'aquesta manera s'aconsegueix un ús de recursos de hardware mot més limitat alhora que es simplifica la interacció amb el model. El seu nivell d'escalabilitat és molt alt, ja que gaudeixen d'una gran flexibilitat en l'organització del projecte, permetent tant el seu creixement il·limitat com un treball multiusuari sense excessives complicacions.

Per contra, el nivell d'associativitat entre els paràmetres dels seus objectes es molt més limitat, ja que per poder interactuar amb elements que són en altres fitxers ca obrir-los i aquesta operació és actualment massa lenta. Per altra banda, l'edició del model només

es pot fer des de determinats fitxers (els que contenen la informació tridimensional de cada planta) ja que n'hi d'altres (alçats, seccions, etc.) que es tracten com a productes extrets dels primers sense capacitat d'edició bidireccional.

Tot això demostra la importància que té aquest factor en les prestacions de les aplicacions BIM. En aquest estudi s'ha decidit analitzar dues de les aplicacions basades en l'ús de memòria perquè són les que actualment reprodueixen més fidelment els principis de la Tecnologia BIM aplicada al software de disseny, i les que representen un canvi més radical respecte a les aplicacions de CAD tradicional.

· Vinculació de la informació

No tota la informació accessible des d'un model BIM ha estat generada des de l'aplicació BIM corresponent. És possible establir vincles amb dades exteriors a través de diversos sistemes com ara hipervincles (per a ampliar la documentació sobre l'objecte) o crides a bases de dades molt especialitzades (essent una de les estratègies per al treball multidisciplinar).

També es poden vincular models sencers a l'estil de les referències externes d'AutoCAD. Aquests models poden ser paramètrics o literals i conviuran de manera més o menys harmoniosa amb la resta d'objectes modelats per la pròpia aplicació. Aquesta possibilitat és de gran utilitat a l'hora d'incorporar solucions modelades amb eines especialitzades que no poden ser resoltes amb l'aplicació BIM que s'empra per a desenvolupar la resta del projecte, ja sigui perquè es tracta d'elements especials (per la complexitat de la seva geometria, per exemple) o pertanyents a altres disciplines. No obstant, tal com es veurà en l'apartat següent, la interoperabilitat entre aplicacions BIM i/o aplicacions literals és un problema que tot just s'està començant a resoldre de manera efectiva.

· Conclusions

Construir un model en base a objectes paramètrics és la millor forma que s'ha trobat per a poder controlar una entitat complexa, ja que permet editar les seves parts a través de controls jerarquitzats; deixant que el software faci la feina bruta.

Els sistemes actuals funcionen prou bé, però el més complicat és que el software permeti modelar amb precisió allò que es necessita descriure. Cal convertir una idea vaga en una representació objectiva i això no sempre és fàcil, sobretot per a professionals acostumats a treballar amb representacions l'ambigüitat de les quals s'ha acceptat amb resignació i fins i tot, amb aprovació. Encara que s'està millorant molt en aquest aspecte, els sistemes de parametrització actuals són encara complicats d'emprar. Tampoc es pot esperar que els usuaris es conformin amb emprar únicament llibreries predefinides, així que cal aproximar la funcionalitat de les aplicacions a les competències dels usuaris. Això, però, s'ha de fer des dels dos extrems, així que els futurs usuaris d'aplicacions BIM hauran de formar-se adequadament de forma ineludible.

2.2.5 BIM MULTIDISCIPLINAR

El desenvolupament d'un projecte consta de dues menes de processos: els paral·lels i els finals. Els primers són aquells que han de transcórrer simultàniament i que s'interaccionen entre ells a mesura que avança el projecte, com per exemple, el disseny de les instal·lacions i les estructures amb l'arquitectura. Els segons en canvi, són els que es duen a terme amb la intenció d'obtenir un producte que no té o té poca necessitat d'interactuar amb la resta de processos, com ara l'obtenció d'imatges fotorrealístiques per a la venda de l'edifici. En realitat, tots els processos seria bo de dur-los en paral·lel, però n'hi ha que són més crítics que altres en aquest aspecte.

La Pràctica Integrada i la Tecnologia BIM proven d'aconseguir que aquells que influeixen més en el resultat final siguin els que poden ser executats alhora i que la resta almenys pugui aprofitar la feina ja feta en els anteriors. Aconseguir-ho no es fàcil, ja que cada decisió presa porta a un llarg període de treball quan s'empren tecnologies tradicionals, fent que la interacció entre processos es dugui a terme en intervals amples. Per això, el suport multidisciplinar de la Tecnologia BIM és tant important, ja que permet fer partícip del projecte a molts factors que anteriorment es situaven, per necessitat, com a processos finals (com ara el disseny d'instal·lacions, els amidaments o el càlcul energètic). Per altra banda, l'automatització de les transmissions de dades garanteix la fiabilitat i productivitat dels processos que es poden deixar com a finals.

A nivell teòric, un projecte arquitectònic es podria desenvolupar mitjançant un model d'informació que cobriria tots els aspectes possibles, els quals quedarien reflectits en vistes especialitzades. A la pràctica, depenent del grau de suport multidisciplinar de l'aplicació BIM en concret, alguns professionals podran treballar directament sobre el mateix model BIM, aconseguint una gran eficàcia i seguretat en tots els processos, però per a la resta caldrà que emprin altres models BIM, paramètrics o literals generats amb altres aplicacions. Entre ells hi haurà d'haver la voluntat de compartir informació de tal manera que aquesta no s'hagi de duplicar, amb els perjudicis que això comportaria. Per tant, estem davant del difícil problema d'aconseguir que el flux d'informació no es perdi malgrat passar d'una aplicació a una altra, tenint en compte que no només treballaran amb formats diferents, sinó que sovint seran de companyies diferents.

En tot cas, aquesta comunicació només podrà ser bidireccional entre aplicacions que ofereixin una comunicació estreta amb els Models d'informació, mentre que haurà de ser unidireccional amb la resta. Si la comunicació pot ser bidireccional hi ha haurà col·laboració paral·lela i si no, haurà de ser consecutiva.

Per exemple, el programa de càlcul estructural pot partir de l'estructura i els tancaments modelats amb una aplicació BIM especialitzada en Arquitectura, i també pot retornar part del resultat del seu càlcul (dimensionat de l'estructura, per exemple) al model BIM perquè els arquitectes ho tinguin en compte. El programa de pressupostos pot després llegir tota la informació per preveure'n el cost. Si aquesta lectura pot ser dinàmica, es podrà dur a terme durant tot el procés ajudant a escollir les opcions més favorables econòmicament. En cas contrari, s'haurà de fer al final i aplicar les correccions sobre un disseny molt desenvolupat.

Podríem dir que la intenció és que el model d'informació faci de coordinador entre els diversos professionals que intervenen en la creació dels edificis, ja sigui allotjant directament els seus objectes o oferint vies de comunicació controlades. Al final seran els usuaris de l'edifici, els quals es beneficiaran de poder disposar d'informació fiable sobre l'immoble que explotaran i, alhora, gaudiran d'un disseny elaborat amb la participació activa de totes les parts.

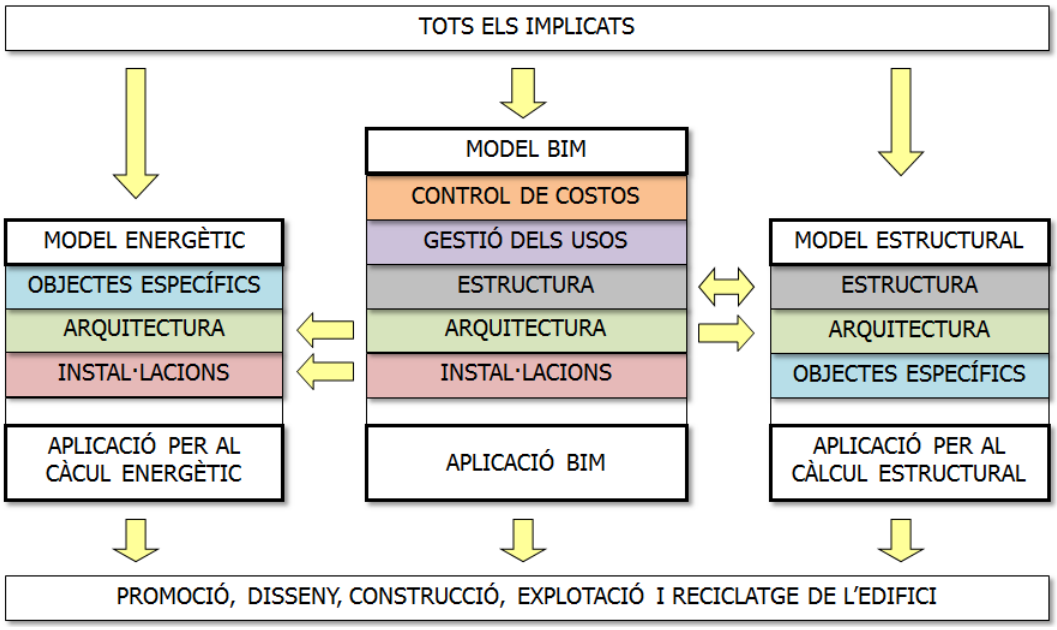


Fig. 2.36. Gràfic que explica com es relaciona una aplicació BIM molt completa i el seu model amb eines connectables. Els objectes que és capaç de manejar l'aplicació contenen diverses menes de dades. Part d'elles són d'especial interès per a l'arquitecte, però altres ho poden ser per a diferents professionals.

· Dificultats de connexió

Connectar dos models generats per dues aplicacions diferents és difícil perquè cadascuna escriu els seus models de manera diferent. Quan es tracta de models literals, la qüestió es força senzilla ja que hi ha un nombre limitat de propietats a traduir. En canvi, quan es tracta de traduir Models d'Informació, la cosa canvia. Les regles que confereixen el seu comportament paramètric no són gens senzilles de traduir ja que cada aplicació empra els seu propi llenguatge per descriure-les. Ni tan sols la traducció dels aspectes geomètrics és evident, ja que hi ha molta informació d'aquesta mena que està desada com a dades paramètriques. Per això, el traspàs d'informació només serà fiable si la compatibilitat és completa en el rang en que les aplicacions ho precisin. El retorn cap el model BIM central és encara més difícil, ja que cal que l'eina receptora conegui perfectament el llenguatge de l'aplicació BIM emissora.

Per altra banda, cal desenvolupar connexions que funcionin amb les estructures de les bases de dades d'aplicacions que fa temps que són al mercat i que no poden fer-hi grans canvis encara que hi hagi bons arguments per a fer-ho. Això vol dir que, a no ser que s'empri un format estàndard d'intercanvi, caldrà desenvolupar una connexió per a cada parella d'aplicacions que es desitja relacionar. A aquesta dificultat cal afegir els interessos comercials de cada companyia de software en particular, les quals sovint oculten informació o no col·laboren el suficient amb la resta de desenvolupadors.

· **Formats d'intercanvi**

Bàsicament hi ha quatre maneres de compartir informació entre dues o més aplicacions. Cada sistema té els seus avantatges i inconvenients i, de moment, tots conviuen amb una certa igualtat de perspectives de futur. Tot i que l'objectiu de tots els implicats és la plena interoperabilitat, el suport que donen als diferents formats d'intercanvi varia segons les seves estratègies comercials, tot i que, pel que pugi passar, cap d'ells renuncia del tot a cap dels sistemes exposats a continuació.

· ***Connexions directes entre aplicacions.*** Es tracta de la forma més còmoda i fiable per a l'usuari. Mitjançant la programació via API s'accedeix a la informació que cada aplicació necessita, garantint un nivell d'interactivitat i fiabilitat molt alts. És el preferit per les aplicacions que pertanyen a un mateix desenvolupador de software o les eines molt especialitzades en la interacció amb determinades solucions BIM. L'inconvenient bàsic és que cal elaborar una connexió per a cada aplicació que probablement s'haurà d'actualitzar a cada nova versió del programa. Per això, les eines per als processos més especialitzats només es connectaran d'aquesta forma amb les aplicacions amb un gran nombre d'usuaris.

Es tracta d'un sistema que pot funcionar amb un equip multidisciplinar molt estable, però que és difícil d'aplicar quan es canvia sovint de col·laboradors, ja que és improbable que disposin del software específic.

· ***Formats d'intercanvi propietaris.*** Les aplicacions llegeixen fitxers exportats per altres aplicacions, i n'hi interpreten el contingut. Si la col·laboració tècnica entre els desenvolupadors del software és bona, la transferència d'informació pot ser molt fiable. A més, permet el treball offline, és a dir, sense la necessitat de disposar de l'aplicació que ha generat el fitxer que ens interessa. No obstant, apareixen problemes de gestió de la informació, ja que cal garantir la coordinació de l'actualització de les dades, cosa que es encara mes difícil si aquesta ha de ser bidireccional.

Com en el cas anterior, l'escalabilitat del projecte multidisciplinar és limitada, encara que superior a la de les connexions directes. En una gran empresa de Disseny - Construcció és probable que la heterogeneïtat del software emprat sigui molt elevada. Aquesta és la raó per la qual Bentley i Autodesk, eterns competidors, han signat recentment (juliol de 2008) un acord històric per millorar la interoperabilitat dels seus sistemes.

· ***Formats d'intercanvi públics***. Es tracta d'exportar els models d'informació a formats d'intercanvi públics per tal que puguin ser accessibles a qualsevol aplicació que treballi amb BIM. Aquests formats ha de suportar tecnologia d'objectes, ja que si no, tota la informació es perdria. Actualment existeixen dos formats, el conegut IFC (Industry Fundación Class) i el CIS/2, menys conegut al estar especialitat en l'intercanvi de models estructurals d'acer. L'avantatge és clara, es tracta d'un format neutral que és independent de les companyies. Les grans empreses i les administracions n'estan interessades per tal de mantenir la seva independència tecnològica.

El problema és que, degut a que es tracta de formats universals, el seu desenvolupament resulta complicat al intervenir-hi molts interessos diferents. Per aquesta raó, actualment només resulten efectius en escenaris molt controlats on les traduccions i les lectures que en fan, les aplicacions implicades són perfectament compatibles. Per altra banda, encara hi ha algunes propietats que no és capaç de suportar.

· ***Formats d'intercanvi basats en XML***. El llenguatge XML és una extensió del HTML especialitzat en la definició de bases de dades. L'estructura de cada descripció es anomenada "*esquema*". Hi ha diversos esquemes segons les necessitats de cada aplicació i són especialment adequats per a transferir petites quantitats de dades per a usos molt específics, ja que és molt senzill d'escriure i molt flexible d'implementar. Exemples d'aquest format són els AecXML, emprat per FIATECH i el IAI per a diversos usos, o el gbXML, emprat per a transferir la informació del model arquitectònic per a un preliminar anàlisi energètic.

Es tracta doncs d'un format d'interpretació pública però no estàndard, així que només pot ser emprat per a usos molt específics, incloent la programació d'aplicacions pròpies amb funcions d'intercanvi d'informació.

· **La promesa del IFC**

Cap a mitjans de la dècada dels 80 els formats d'intercanvi existents, com ara el DXF i el IGES, van començar a ser insuficients per a acollir les prestacions geomètriques i de captura del coneixement dels models de les aplicacions més avançades, les quals començaven a treballar amb objectes. Per aquesta raó la ISO (International Standards Organization) va designar una comissió per a desenvolupar un estàndard que es va anomenar STEP (Standard for the Exchange of Product Model Data). Al cap d'un temps, aquest va desenvolupar una sèrie de tecnologies basades en els següents principis:

· Ús d'un llenguatge de programació per a definir el model en comptes d'un format de fitxer de tipus descriptiu.

· Aquest llenguatge emfatitza la descripció de propietats dels objectes del model però contempla informació sobre processos, regles i restriccions.

· El llenguatge es pot implementar en diferents formes, en les que hi trobem fitxers de text, bases de dades i XML.

· S'empra tecnologia d'objectes per a definir les entitats que componen el model.

Aquest llenguatge de programació fou anomenat *"Express"* i esdevingué un llenguatge amb una gran capacitat per a descriure geometries i comportaments orientats a objecte que a més suportava les definicions d'un gran nombre d'elements de diversos sectors industrials. Aviat van aparèixer companyies de software que hi van donar suport tot creant eines de visualització, anàlisi i intercanvi d'informació basades en aquest llenguatge; alhora que diferents organitzacions del mon de la construcció van començar a desenvolupar descripcions de models d'informació basades en aquest llenguatge, dels quals l'actual IFC n'és el més universal.

L'avantatge del format IFC és que va néixer amb la voluntat de ser un marc extensible per al intercanvi de models d'informació de qualsevol naturalesa. Per aquesta raó suporta tant definicions genèriques com descripcions molt específiques. Està orientat vers a una estructura d'objecte molt completa capaç de contenir tota mena d'informació que pot ser emprada segons les necessitats de l'aplicació que el llegeixi. Gaudeix, per tant, del potencial necessari per a esdevenir un format BIM universal.

El problema és que, la versió actual d'IFC, la 2x3, tot i tenir 387 entitats a nivell de kernel, 150 entitats compartides a nivell mig i 114 d'àmbit específic, no es capaç de cobrir totes les necessitats actuals de la indústria de la construcció, ja que són realment extenses. Cada nova versió incrementarà aquesta cobertura que a dia d'avui és la següent.

- ***Geometria***: Cobreix tota mena de geometries, incloent sòlids i arbres d'objectes amb operacions booleanes. No obstant, no suporta geometries basades en B-splines i NURBS. Així que es poden donar pèrdues de superfícies i altres errors quan es traslladen models amb aquesta mena d'informació. Aquesta mancança pot fer-lo incompatible amb models generats amb aplicacions Rhino, Maya, FormZ, Digital Project, etc.

- ***Relacions:*** El ventall és molt ampli, no es coneixen limitacions en aquest camp. Qualsevol mena de relació establerta en un model BIM propietari, pot ser traduïda a IFC.

- ***Propietats***: IFC posa molt d'èmfasi en cobrir les definicions de les propietats dels objectes, ja que és una de les dades més susceptibles de necessitar ser transportades. No obstant, deixa vàries llacunes, com ara les relacionades amb la gestió dels espais. Per a casos particulars, pot suportar definicions personalitzades, que només seran detectades si hi ha comú acord entre les parts implicades.

- ***Meta - propietats***: Suporta contenir informació sobre aspectes que van més enllà de les propietats dels objectes i que tenen a veure amb la gestió del projecte, com ara els temps d'execució, el seguiment de canvis, control i certificacions.

- ***Nivell de detall***: La mena d'objectes suportats per IFC arriben amb solvència al nivell de definició necessari per a desenvolupar models constructius, però el seu suport per a modes de producció (armats, ancoratges estructurals, encofrats, etc.) és baix. És possible que més endavant es vagi incorporant aquesta funcionalitat, que l'estàndard CIS/2 sí té (però molt especialitzat en el disseny d'estructures).

Aquestes prestacions i limitacions el faran adequant o no segons cada situació en concret però cal seguir treballant per a ampliar les prestacions per aquest format. El problema és que el desenvolupament d'aquestes extensions es du a terme per organismes que treballen a base de molt voluntarisme i pocs fons en relació al que inverteixen les companyies interessades en mantenir els seus formats propietaris.

Per altra banda, encara que l'IFC pugui contenir tota la informació que es necessita en un intercanvi entre dues aplicacions, aquest pot no ser útil si els traductors de cadascuna de les parts no es posen d'acord en com transformen les seves respectives estructures en llenguatge STEP. És el mateix que passa quan es tradueix un text de l'anglès, al català i del català, a

l'alemany. El resultat pot ser completament incomprensible. Per sort, els models d'informació acostumen d'escriure's amb un llenguatge força objectiu.

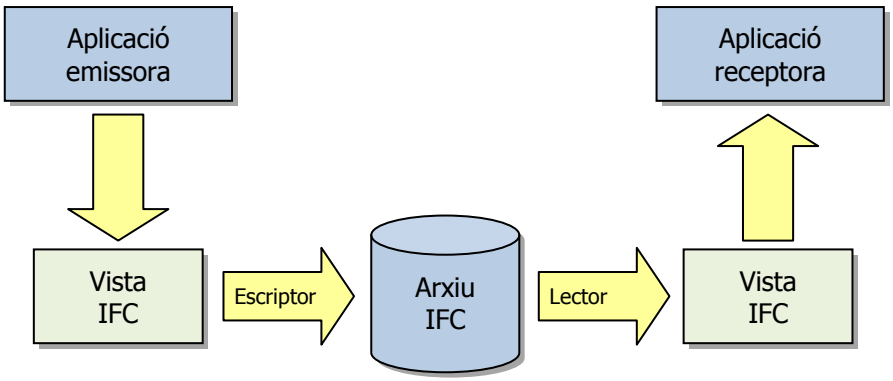


Fig. 2.37. En un procés típic d'intercanvi entre dues aplicacions, la que conté la informació que interessa a la receptora ha de traduir la seva base de dades segons els estàndard IFC per a després escriure-la en un fitxer d'intercanvi. El procés invers l'ha de fer l'aplicació receptora. Com que les regles de traducció poden tenir ambigüitats, el resultat pot ser inintel·ligible. (Eastman, et al., 2008)

Per tal de controlar aquests aspectes, s'està posant molt d'èmfasi en establir estàndards per a aquestes traduccions, de tal manera que la mateixa mena d'objectes, paràmetres, propietats, atributs i regles, siguin traduïts de manera idèntica independentment de qui en faci la exportació. A Estats Units hi ha una prestigiosa entitat, la National BIM Standard (NBIMS) que es coordina amb una de noruega anomenada buildingSMART. La idea és que les industries de la construcció identifiquin conjunts d'informació útils per a processos d'intercanvi concrets, anomenats ***Vistes IFC*** (Eastman, et al., 2008), com ara la transferència de la geometria estructural modelada des d'una aplicació de disseny arquitectònic a un programa de càlcul. Si aquesta traducció sempre es fa igual per a tothom, qualsevol aplicació capaç de llegir i escriure IFC podrà interoperar completament. Després, NBIMS, buildingSMART i les companyies col·laboradores treballaran amb els desenvolupadors d'eines BIM per a que els seus traductors siguin compatibles entre sí. A mesura que aquests generadors i lectors de vistes IFC s'anessin certificant, el format IFC aniria guanyant molta fiabilitat, al garantir que determinats processos de treball multidisciplinar funcionarien sempre correctament.

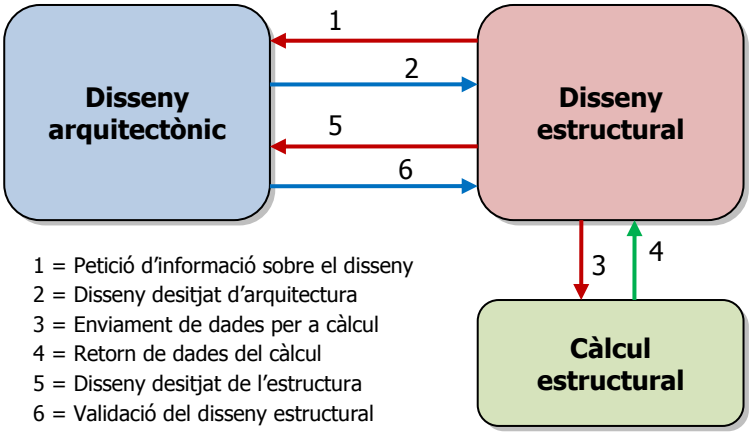


Fig. 2.38. Flux de treball entre un arquitecte i un estructurista. Qualsevol parella d'aplicacions funcionaria si estiguessin certificades per aquesta mena d'intercanvi (Eastman, et al., 2008).

Com que hi ha un gran nombre de Vistes IFC possibles, es precisa de la col·laboració de totes les parts, fet que sembla factible si es té en compte que els potencials compradors de les aplicacions BIM són els que demandaran mecanismes concrets d'interoperabilitat.

A pesar de les actuals limitacions de l'IFC, és l'únic format d'intercanvi públic i ben desenvolupat capaç de contenir tant models d'informació complets com fragments d'ells. A més, està universalment reconegut com a tal. Per això, rep el suport de nombroses institucions i desenvolupadors de software que confien en les seves possibilitats actuals i futures. Com a exemples governamentals tenim l'Administració de Serveis Generals (GSA) al Estats Units (que està emprant IFC per a comprovar l'acompliment de certs requeriments del projecte), l'Autoritat de la Construcció i l'Edificació de Singapur (que està duent a terme un important projecte, anomenat "*CORENET*", per a estandarditzar la Pràctica Integrada en tots els processos constructius al país), l'administració Noruega (amb el seu protocol de desenvolupament de l'IFC buildingSMART) i altres iniciatives a Australia, Dinamarca, Alemanya, Japó, Korea i Xina. Per altra banda, companyies de software que suportin IFC n'hi ha moltes, entre que les que tenim Solibri (amb el seus productes d'auditoria de models), Octaba (amb el seu Modeler), i tots els fabricants d'aplicacions i eines BIM.

No obstant, encara hi ha molta feina a fer, sobretot tenint en compte que l'escenari del BIM està en contínua progressió. Hi ha un protocol establert i ben ordenat per a implementar els canvis i les extensions que les diferents indústries de la construcció necessiten però la seva execució sovint es du a terme massa lentament. Sense un finançament adequat, la promesa del IFC no es podrà complir.

· Intercanviadors BIM (Building Model Repositories)

Quan s'empren fitxers d'intercanvi per a transferir informació d'una aplicació a una altra, de seguida apareix el problema de la gestió d'aquests fitxers. Les aplicacions BIM disposen de sistemes que faciliten la gestió dels fitxers que componen els seus models, però no acostumen a disposar d'eines capaces d'organitzar tots els models d'un projecte, incloent els que no han estat generats per elles. Així, el control de l'estat d'actualització de cada exportació o dels seus permisos d'accés, per exemple, és una qüestió que es pot tornar molt complexa en entorns empresarials mitjans o grans. En els de menor mida, aquest problema esdevé, en el millor dels casos, una incomoditat que trenca la fluidesa perseguida per la Pràctica Integrada.

La solució a aquest problema són els anomenats ***Building Model Repositories***, que he traduït com a ***Intercanviadors BIM***. Es tracta d'una base de dades dinàmica l'estructura de la qual està basada en un format públic d'intercanvi de Models d'Informació. Aquest format públic és, a la pràctica, l'IFC, doncs és l'únic que gaudeix de les prestacions necessaries per a tal missió. Es tracta de quelcom diferent als actuals sistemes de gestió de fitxers (Project Data Managers) normalment basats en tecnologia web, ja que estan orientats a treballar directament amb objectes i funcionen amb veritables motors de bases de dades tipus Oracle.

El seu principal avantatge és que permeten la consulta, transferència, actualització i gestió individualitzada o col·lectiva d'objectes de naturalesa heterogènia provinents de diverses aplicacions per part de múltiples usuaris simultàniament. Així, les aplicacions BIM fan servir

aquest sistemes per a intercanviar informació especifica dels seus objectes de forma integrada. D'aquesta manera s'aconsegueix (Eastman, et al., 2008):

- Suportar intercanvis entre diverses aplicacions concurrents. Gràcies a això, els processos poden executar-se de manera totalment paral·lela, sense haver d'esperar a que s'exportin els paquets de dades de cada aplicació.

- Propagar els canvis efectuats per cada aplicació sobre els seus BIM als models de la resta, en temps real o molt sovint; degut a que totes estan connectades al intercanviador BIM i l'actualització de les dades es fa de manera automatitzada.

- Integrar informació provinent de múltiples models per a un ús conjunt per part d'una tercera aplicació.

- Aconseguir un grau d'interactivitat similar al sistema de connexió directe amb sistemes propietaris però amb un sistema obert que pot suportar qualsevol aplicació i interacció.

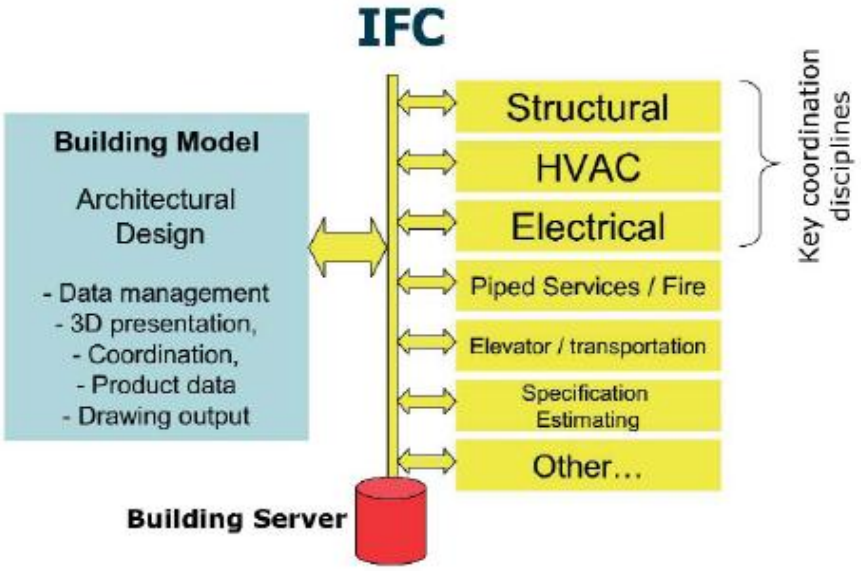


Fig. 2.39. Els Intercanviadors BIM permeten la comunicació multidisciplinar en temps real i simultani d'un nombre il·limitat d'aplicacions heterogènies (Graphisoft, 2004).

Tot i que aquesta tecnologia encara ha d'acabar de desplegar-se, promet ser la solució a molts dels problemes d'interoperabilitat, principalment en grans empreses. De moment, ja hi ha els següents productes al mercat (Eastman, et al., 2008)

- Jotne EDM Model Server
- LKSoft IDA STEP Database
- EuroSTEP Model Server
- EuroSTEP SABLE server
- Oracle Collaborative Building Information Management

També ja hi ha algunes aplicacions que s'hi connecten per a oferir serveis de visualització i de comprovació del model a nivell de certs aspectes del seu programa, com ara Tocoman iLink

Cost Management System, Solibri model checker o Bodo College Building Services System. Per altra banda, importants desenvolupadors d'aplicacions BIM, com ara Graphisoft i Nemetschek donen ple suport a aquesta idea, doncs va en contra del monopoli perseguit per Autodesk.

No obstant, tot i que la idea és molt bona, la pregunta és si tal esforç és realment necessari tenint en compte que cada disciplina precisa d'uns conjunts de dades (datasets) molt determinats per a fer les seves tasques. Aquests poden ser coberts per sistemes més convencionals i molts més senzills d'implementar. Per altra banda, s'ha de reconèixer que, si bé aquest concepte porta aplicant-se des de fa temps al món industrial per donar suport a l'anomenat PLM (Product Lifecycle Management), és cert que allà es tracta de sistemes creats per a cada companya en concret, totalment adequats a les necessitats del producte que fabriquen i basats en formats propietaris (que garanteixen la compatibilitat entre sistemes). En el nostre sector, això de moment no és possible i es precisen sistemes oberts que estiguin a l'abast de petites i mitjanes empreses. La necessitat doncs, és real, però els recursos a destinar-hi, limitats; a causa de l'escala empresarial dels seus implicats.

· **Informació compartida**

Un cop descrites les diferents possibilitats que tenen diverses aplicacions BIM de compartir la seva informació, resta parlar de com es pot incloure aquesta informació en cada model. Quan aquestes dades formen part de la naturalesa de l'objecte que modela un determinat professional, és a dir, són propietats o paràmetres, és obvi que estaran incrustades en ell. Però en el cas de tractar-se d'atributs, és a dir, d'informació adjuntada a ell, existeixen diverses estratègies per a incloure-la, ordenades de menor a major eficiència.

- ***Addició manual***. Es tracta d'afegir les dades als objectes de forma manual. Es tracta d'un sistema lent però simple que permet el control al detall del que s'introdueix. Només és viable per a un nombre reduït d'objectes i per a dades que en reflecteixen una característica molt específica. Un cas típic seria la introducció, per part de l'arquitecte, de les ocupacions previstes per els espais d'un edifici per tal que un software específic comprovi l'acompliment de les normatives d'evacuació en cas d'emergència.

- ***Predefinir en llibreries***. S'empren col·leccions d'objectes que ja inclouen informació en forma d'atribut. Un cas típic seria el de les fusteries, que podrien incloure valors d'aïllament tèrmic i acústic útils per a les eines de càlcul d'eficiència energètica. Aquest sistema és molt eficient quan s'empra una llibreria consistent però cal un període d'elaboració prèvia que pot ser molt tediós. Per altra banda, es precisen eines de gestió de llibreries per a la modificació massiva de la informació dels objectes.

- ***Codificació estàndard***. Es tracta d'associar a cada objecte un codi que el vinculi amb una entrada d'una base de dades per tal que, al ser llegit per a cada aplicació o eina en concret, s'incorpori la informació pertinent sobre l'objecte. És una tècnica que fa temps que s'empra en la descripció de detalls constructius, on els seus components queden marcats per un codi que després es pot identificar en una llegenda explicativa. Així, les dades de cada component corresponent es poden modificar sense refer el dibuix.

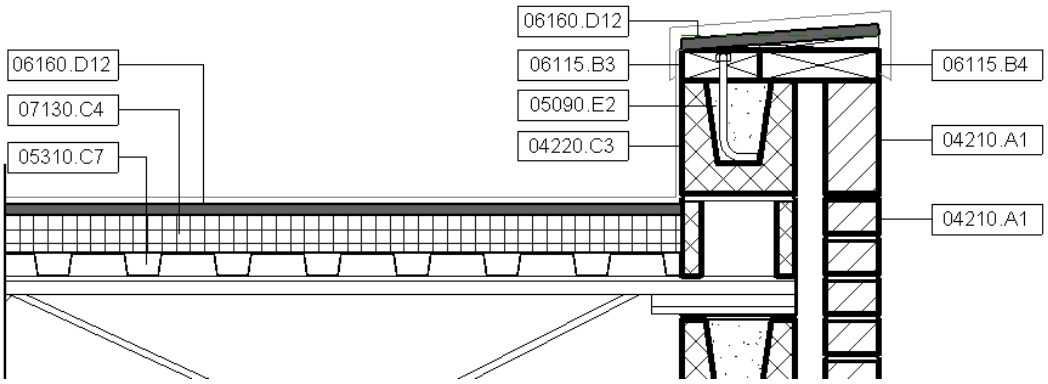


Fig. 2.40. Detall constructiu en el que cada component és un objecte amb un codi identificatiu. El dibuix només mostra etiquetes que el descriuen, però en una altra vista hi ha una correspondència entre el codi i la seva descripció. Aquesta vinculació podria emprar-se també en un programa d'amidaments, que llegís els codis de cada component constructiu i hi assignés una partida.

El mateix concepte es pot aplicar amb qualsevol descripció. Si el codi que identifica un objecte o un component seu s'estandarditza, no cal incorporar-hi cap informació més, ja que cada aplicació pot afegir-ne la que convingui al llegir el model i el seu codi. Naturalment, la dificultat d'implementar això resideix en l'estandardització d'aquests codis. Es tracta doncs d'un nou exemple del problema recurrent de la unificació de criteris en la descripció dels objectes, que cal superar si es vol que el grau d'interoperabilitat sigui elevat.

· Formats de publicació portàtils

Hi ha dos formats portàtils de publicació universalment distribuïts que s'empren per a publicar projectes desenvolupats amb Models d'Informació. Un és l'Adobe PDF i l'altre, l'Autodesk DWF. Ambdós tenen característiques similars dels del punt de vista del suport de models tridimensionals, però el PDF està més capacitat per a integrar tota mena d'informació sobre el projecte, mentre que el DWF està més especialitzat en mostrar informació sobre els models dels edificis. Actualment, es pot generar un PDF a partir de qualsevol aplicació; en canvi, per a general un DWF es precisa una aplicació d'Autodesk.

La seva compressibilitat i facilitat de lectura els fan molt adequats per a expressar informació i, fins i tot, realitzar-hi algunes tasques de revisió, però no es tracta d'eines d'edició ni d'intercanvi de dades.

· La detecció dels canvis

El fet de poder aprofitar la informació generada de cada col·laborador és, sens dubte, un gran avenç de cara a la productivitat. Però l'aspecte més crític de tota coordinació és, en la meva opinió, la detecció dels canvis efectualts per una de les parts que afecten al disseny de sistemes desenvolupats per d'altres. De res serveix que la informació s'unifiqui de manera automàtica si les incompatibilitats o interaccions entre les seves parts no són detectades pels implicats.

Per a que hi hagi veritable interoperabilitat, cal que que el sistema integrador incorpori un motor de revisió dels canvis i d'interacció entre sistemes a fí i efecte de notificar què és el que ha canviat i quines són les seves conseqüències. Exemple d'això és l'actual sistema de detecció

de canvis sobre importacions de models IFC que incorpora ArchiCAD els motors de detecció de col·lisions de Revit, Navisworks, ArchiCAD MEP, i altres.

· Conclusions

Una vegada superat el tema d'oferir un sistema de parametrització formal prou eficient i senzill d'emprar, una gran part dels esforços que actualment s'inverteixen en el desenvolupament de la Tecnologia BIM estan dedicats a oferir millors sistemes per a incloure informació multidisciplinar als Models d'informació per tal de rendibilitzar al màxim la seva creació i alhora controlar a proliferació d'errors deguts a la duplicitat de dades entre les diferents diciplines que intervenen en el desenvolupament d'un projecte.

El treball multidisciplinar depèn principalment dels protocols de treball que es segueixen i del grau d'interoperabilitat de les aplicacions. Mentre que el primer factor es pot resoldre actualment amb l'ús d'estratègies ja conegudes en el món Project Management, el segon es una qüestió que encara queda pendent en la majoria dels casos. En el passat, la interoperabilitat era alta però les possibilitats d'aprofitar informació d'una disciplina per a una altra eren molt minses perquè aquesta no existia com a entitat transferible. Ara, s'ha aconseguit passar dels ***models literals*** als ***models d'informació*** però el següent pas està en ple desenvolupament.

No es una tasca fàcil, però els interessos econòmics són molt elevats i de fet, el tema de la transferència de la informació entre sistemes és una de les puntes de llança de les tecnologies de la informació en general, així que és de preveure que en els propers anys s'evolucioni favorablement en aquesta direcció.

2.2.6 BIM MULTIVISTA

Una de les aportacions més importants dels models d'informació és que la generació de les visualitzacions dels seus diferents aspectes s'automatitzen. Totes provenen del mateix model, així que s'aconsegueix, de forma natural, que estiguin sempre coordinades entre si (que no es contradiguin) i actualitzades (representant els últims canvis fets al projecte). Per altra banda, la seva generació és immediata o gairebé immediata. Per aquesta raó, en aquest treball s'empra preferentment el terme ***visualització*** en comptes del de ***representació*** per a referir-nos a elles. Ja que, independentment del mecanisme que empri cada software per a obtenir-les, la intenció es sempre la de mostrar el model segons diverses òptiques que van des de les clàssiques vistes dièdriques (plantes, alçats, seccions, etc), a les tridimensionals, passant per altres menys usuals com ara llistats, diagrames de flux, etc.

Per a l'arquitecte acostumat al CAD literal, això només passa quan modela representacions tridimensionals, de les quals sol aprofitar directament les seves vistes gràfiques. En canvi, la resta de vistes bidimensionals han ser elaborades conscienciosament de manera manual pensant sempre en el grafisme. Aquest és el canvi més important per al qual està habituat a emprar eines basades en la representació literal. Amb elles, l'arquitecte pot expressar el que desitgi, però sempre depèn de la correcta interpretació de la documentació que genera. El projecte viu en ella i per això sol preocupar-se de cuidar-la. En canvi, amb un model

paramètric, el projecte viu en la informació emmagatzemada en ell, essent independent de les vistes que se n'extreguin

Perquè això sigui possible, el software ha de gestionar les vistes per si mateix, deixant en mans de l'usuari únicament la configuració més o menys afinada d'aquestes pel que fa al que hi apareix i a com ho fa. Cada aplicació disposa de diferents mecanismes per a tal missió, de tal manera que pugui mostrar-se el que es desitja i amb un grafisme adequat. No obstant, el ventall de possibilitats sempre serà més limitat que el de les representacions delineades a mà, pel que caldrà aprendre a prescindir de certs virtuosismes, que per una altra part, deixen de ser necessaris al contar amb el potencial de generació múltiple de vistes. Podríem dir que, en aquest cas, podem substituir la qualitat per la quantitat, ja que resulta molt més convenient l'ús de múltiples vistes senzilles per a explicar un tema que el d'unes poques de molt treballades ja que aquestes, inevitablement, hauran d'ometre part de la informació necessària per entendre totalment el que s'hi mostra. De totes maneres, també és cert que una vegada adequat el grafisme de les visualitzacions al nostre gust, veurem com qualsevol d'elles podrà ser d'una gran qualitat, ja que la seva obtenció ja no dependrà del temps disponible (per ser de generació automàtica)

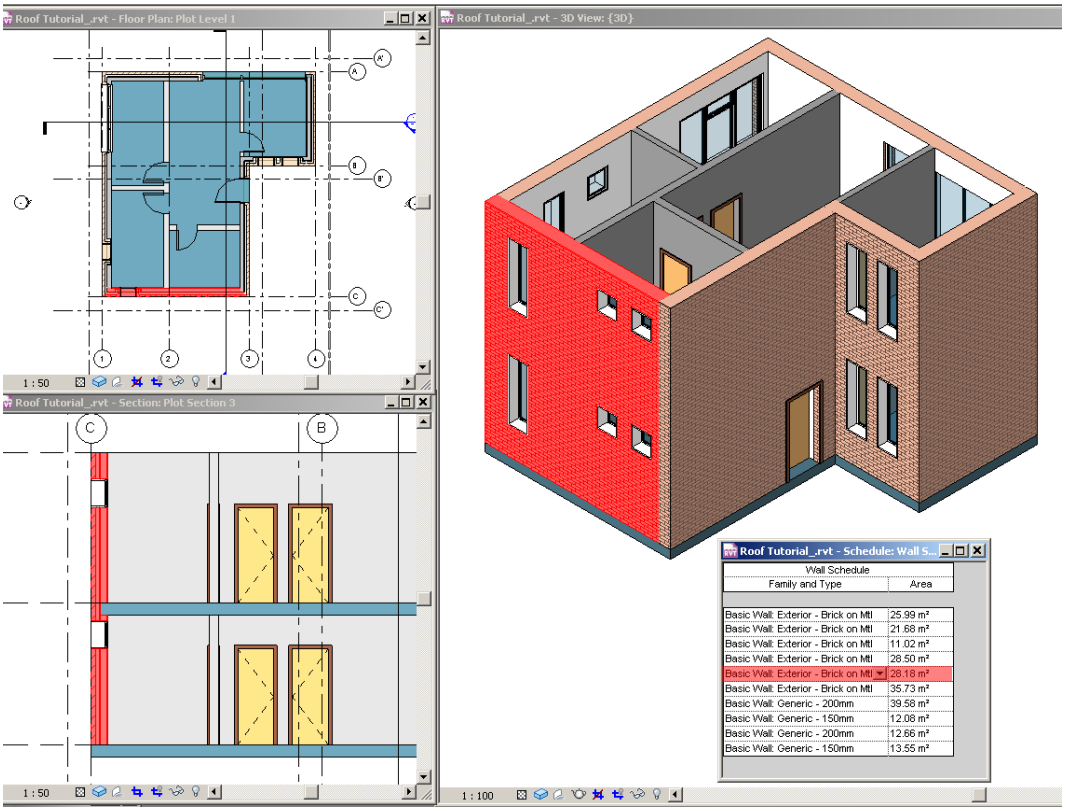


Fig. 2.41. Quatre vistes d'un mateix objecte que representa un tancament (ressaltat amb vermell).

Per aprofitar les prestacions del BIM, resulta essencial entendre que les possibilitats d'una vista no es limiten al camp de les representacions gràfiques, que tradicionalment ha estat el suport bàsic de l'arquitecte, sinó que també cobreixen visualitzacions de tipus alfanumèric, com ara taules (per a mesuraments o inventaris, per exemple), esquemes, llegendes, etc.. Per a una aplicació BIM, tot està al mateix nivell, ja que els objectes no solament contenen informació formal sinó també de qualsevol altre tipus. L'important és que cada professional pugui emprar

la mena de visualització més adequada a les seves intencions. Per exemple, una estructura sol ser més fàcil de plantejar en forma d'esquema de barres, mentre que al que ha de pressupostar-la, li interessarà només la quantitat, tipus i pes dels perfils. L'arquitecte, en canvi, haurà de treballar amb una representació formal fidedigna de la mateixa, per a poder compatibilitzar-la amb la resta de sistemes arquitectònics. En qualsevol cas, tots ells tindran la possibilitat de descobrir noves vies d'accés al model, com ara representacions esquemàtiques, transparències, arbres jeràrquics, etiquetes de propietats, etc.

Un altre tema és si des d'aquestes vistes es pot editar el model. Si atenem a la definició d'aplicació BIM descrita anteriorment, totes elles haurien de permetre-ho, adequant l'entorn d'edició a la visualització del model. És lògic pensar que, si veiem un alçat del model, puguem editar els objectes que hi apareixen aprofitant la síntesi que ens ofereix aquesta mena de representació. El problema és que hi ha moltes aplicacions que actualment es qualifiquen com a BIM que no són capaces de fer-ho, ja que únicament poden editar el model des de vistes en planta o tridimensionals. La resta de visualitzacions són en realitat representacions bidimensionals automatitzades que no conserven una connexió bidireccional amb el model i que cal actualitzar de tant en tant per a que reflecteixin canvis efectuats al projecte. Amb aquest sistema, les prestacions de coordinació i coherència es conserven, però el grau d'interactivitat i de productivitat disminueix en gran mesura. En realitat es tracta d'aplicacions de CAAD molt evolucionades, que ofereixen quasi totes les prestacions que ofereix una aplicació BIM arribant a superar-les en alguns casos al poder mantenir moltes de les eines i plantejaments de les eines de CAD literal.

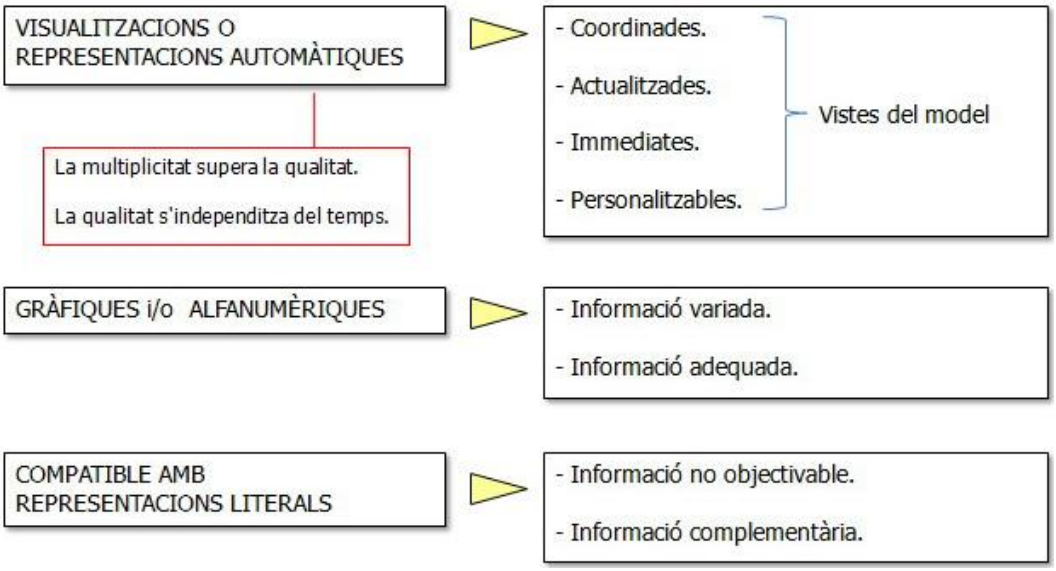


Fig. 2.42. El concepte de vista es basa en visualitzacions o representacions obtingudes automàticament de tipus gràfic o alfanumèric tot mantenint una certa compatibilitat amb representacions literals.

· Només una vegada

Un dels fonaments de la Tecnologia BIM és el la ferma intenció d'aconseguir modelar una sola vegada la descripció de cadascun dels objectes que integren el model de l'edifici, ja que és l'única forma d'augmentar el control del projecte i, alhora, incrementar dràsticament la productivitat; ambdós requisits indispensables per a satisfer les actuals expectatives.

Aquest principi implica que quelcom que s'obtingui dels models, d'ara en endavant ***producte BIM***, incloent les seves vistes, haurà de sorgir de les especificacions dels objectes que l'integrem, ja que en cas contrari, s'estaria incorrent en una duplicitat de dades.

Per això, cada objecte ja ha de contenir informació de com ha de ser mostrat segons la naturalesa de la vista des de la qual s'hi accedeix. Les possibilitats de personalització d'aquestes especificacions solen estar preestablertes segons la categoria de l'objecte, essent menys lliures en les famílies de sistema que en les de component. Per altra banda, hi haurà especificacions per a cada mena de vista gràfica o alfanumèrica. Per a les primeres s'establirà com es veurà l'objecte quan es secciona i es projecta (des de davant o des de darrera del pla del quadre) i com es mostra en *vistes estàtiques* (plantes, alçats i seccions) i en les *vistes dinàmiques* (vistes tridimensionals). Per a les segones, característiques tipogràfiques i de format.

	FLOOR PLAN DISPLAY		
	Show on Stories	All Relevant Stories	
	Floor Plan Display	Projected with Overhead	
	Show Projection	Entire Element	
	STRUCTURE		
	Cut Fill	Common Brick	
	Wall Priority		0
	CUT SURFACES		
	Cut Fill Pen	0.13 mm	2
	Cut Fill Background Pen	0.18 mm	91
	Cut Lines	Solid Line	
	Cut Line Pens	0.35 mm	1
	OUTLINES		
	Uncut Lines	Solid Line	
	Uncut Line Pen	0.13 mm	2
	Overhead Lines	Solid Line	
	Overhead Line Pens	0.13 mm	2
	Wall End Lines	Both	

Fig. 2.43. Paràmetres que controlen el grafisme d'un objecte qualsevol

Independentment de la configuració dels objectes, cada vista en sí podrà controlar diversos paràmetres, com ara quins elements es mostren i quins no (mitjançant múltiples mecanismes), la profunditat de visió, l'escala (que es tindrà en compte en les anotacions) o el nivell de detall aparent.

Per alta banda, també solen permetre personalitzar el grafisme dels objectes, tot sobreescrivint els valors establerts en ells ja sigui de forma individualitzada o segons un criteri determinat (filtrat per categories, per famílies, per valors de paràmetres, etc). Així, el nivell de personalització de cada vista és molt alt però sempre depèn de la informació continguda en els objectes. Això té l'avantatge de fer molt més eficaç, potent i controlable l'edició de les vistes, però requereix un modelat minuciós i un elevat coneixement dels mecanismes de control visual de l'eina que s'empra.

Parameter	Value
Graphics	
View Scale	1 : 100
Scale Value 1:	100
Display Model	Normal
Detail Level	Coarse
Visibility/Graphics Overrides	Edit...
Model Graphics Style	Shading w/ Edges
Advanced Model Graphics	Edit...

Parameter	Value
Identity Data	
View Name	East
Dependency	Independent
Title on Sheet	
Referencing Sheet	
Referencing Detail	
Default View Template	None
Extents	

Fig. 2.44. Alguns dels paràmetres de control d'una vista. S'hi observa l'accés a les sobreescriptures dels paràmetres de visualització dels objectes (aquí anomenats "Visibility/Graphics Overrides").

Segons el grau de sofisticació del motor de generació de les vistes, trobem en les eines BIM tres estratègies bàsiques per a la seva creació.

- ***Generació de vistes com a informes extrets del model***. Tant les vistes gràfiques com les alfanumèriques es generen a partir del model en una operació que ha de ser cridada manualment atès que requereix un cert temps de processat. El resultat són representacions literals que resulten fàcilment editables per l'usuari. Tot i que perden la vinculació amb el model d'informació del qual sorgeixen, poden ser regenerades perdent les alteracions en elles realitzades. En els sistemes més sofisticats, aquestes representacions són paramètriques, mantenen una vinculació dinàmica amb el model, per la qual cosa permeten editar-lo a través de la seva modificació.

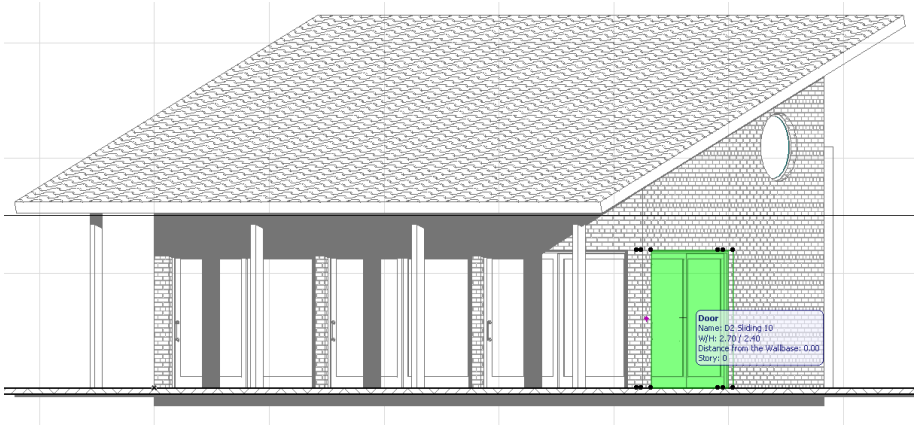


Fig. 2.45. Totes les representacions dels objectes han estat generades a partir de la informació tridimensional del model. L'operació ha requerit uns instants, però, en quests cas, l'aplicació reconeix quines representacions corresponen a cada element.

- ***Utilització de símbols per a la representació dinàmica d'objectes***. Es tracta d'una estratègia que permet accelerar el rendiment gràfic de l'aplicació, ja que determinades visualitzacions dels objectes estan pregenerades en forma de símbols que els representen. És una tècnica habitual de les vistes de planta, on cada família conté informació específica per a ser mostrada en aquesta projecció, de direcció sempre constant. Això permet que les eines BIM siguin capaces d'editar el model des de determinades vistes amb informació sintètica mantenint a ratlla la càrrega sobre el sistema. Implica, però, la creació de diferents representacions per a cada tipus de vista en cadascun dels objectes. Tediosa tasca que serà aprofitable quan les especificacions de la visualització en són plenament compatibles (en plantes, alçats i seccions, ortogonals). La resta de la informació que apareix en la vista s'aconsegueix amb els altres mètodes.

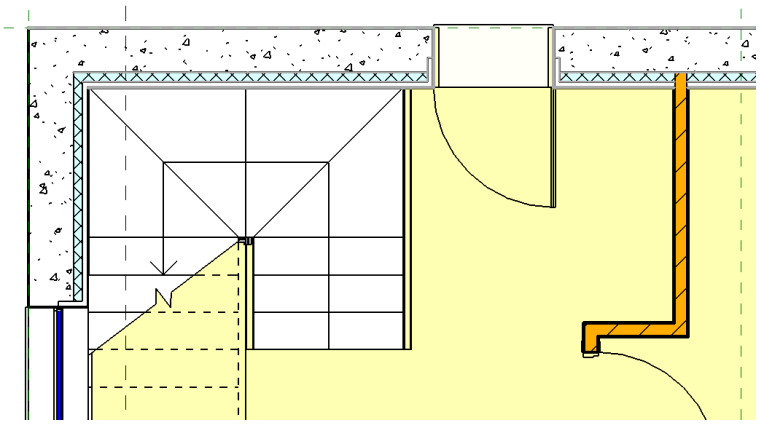


Fig. 2.46. Les fusteries, l'escala i les capes dels tancaments es mostren com a símbols que els representen. Estan vinculats als elements paramètrics, així que en permeten l'edició. El perímetre dels tancaments, en canvi, s'obté per visualització seccionada de l'objecte tridimensional. Qualsevol canvi efectuat en el model es mostrarà en aquesta vista de manera immediata.

- ***Visualització directa del model***. L'aplicació empra un motor gràfic i d'accés a les dades potent per a mostrar el model. És molt habitual en les vistes tridimensionals dinàmiques, però menys en altra mena de visualitzacions, com ara les seccions o els llistats alfanumèrics. Aquesta solució garanteix la fidelitat de la informació i el seu accés dinàmic, però consumeix molts recursos i només és viable en sistemes que treballin amb una base de dades carregada en memòria. Sovint s'empra en combinació amb l'estratègia anterior, per tal de reduir la càrrega computacional.

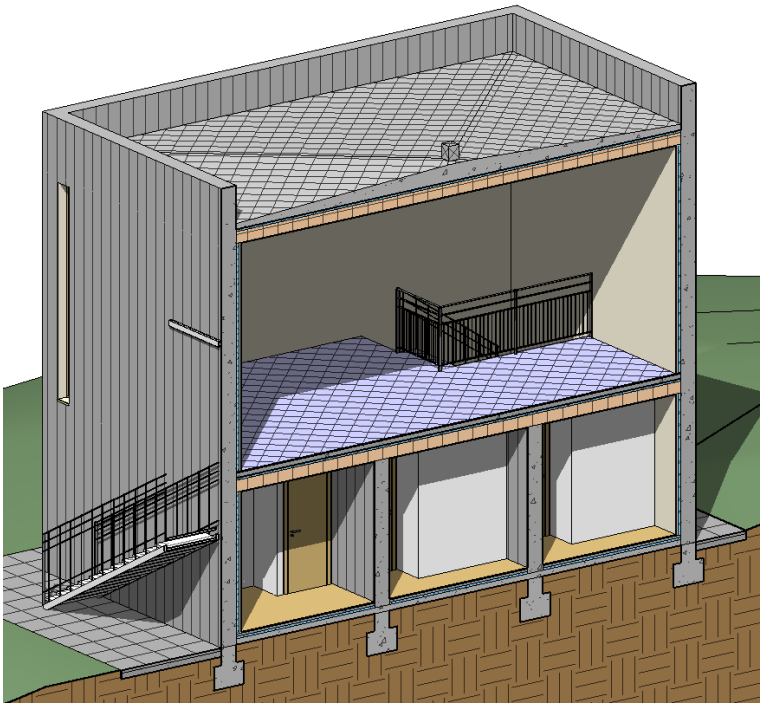


Fig. 2.47. Visualització directa del model amb un gran nivell de detall. L'edició d'alguns dels objectes és dinàmica així com l'obtenció de tota la secció tridimensional. Naturalment, el motor gràfic empra estratègies basades en símbols per augmentar-ne el rendiment. En canvi, altres grafismes, com el traçat d'ombres, són calculats en temps real.

· Nivell de detall implícit

Un tema important en qualsevol visualització arquitectònica és el control del nivell de detall amb que es mostren els elements implicats. Quan s'empra CAD literal, el nivell de detall es controla mitjançant el control de la visualització de les seves representacions, tot activant o desactivant parts d'aquestes per a mostrar més o menys informació. Com que això acostuma a ser força complicat d'executar correctament, normalment es construeixen models amb un únic nivell de detall o amb dos nivells molt diferenciats. Quan s'empra BIM, cal diferenciar entre el ***nivell de detall implícit*** dels objectes, és a dir, la quantitat d'informació que contenen, i el ***nivell detall explícit***, que es refereix a la quantitat que se'n mostra en cada vista.

No és pot mostrar informació que no hagi estat modelada abans, però amb una aplicació BIM, gran part de la informació es pot obtenir a partir de l'establiment d'uns pocs paràmetres, sobretot en famílies de sistema. Un dels avantatges d'aquesta diferenciació és que el dissenyador pot anar afegint detall implícit al model a mesura que el necessiti o que el conegui, sense haver de preocupar-se del detall explícit, ja que aquest sempre s'obté del primer de manera automatitzada i, per altra banda, es pot mantenir en un nivell baix fins que el global s'incrementi suficientment.

Podem distingir quatre nivells bàsics de detall implícit. Com és natural, la frontera entre un i l'altre resulta sovint difusa, però aquesta classificació és un bon punt de partida per a explicar el procés de desenvolupament d'un BIM.

- ***Nivell conceptual***. S'empra en les fases primerenques de disseny, quan el més important és la volumetria general del model i algunes de les seves especificacions. Encara que, per comoditat, s'emprin algunes famílies de component molt detallades, seria bo mantenir-les en un nivell baix de visualització per tal de no trencar l'harmonia de les vistes. En l'apartat 2.3.2 es parla de la fase de ***Disseny Conceptual***, en la que s'empra prioritàriament aquest nivell de detall.

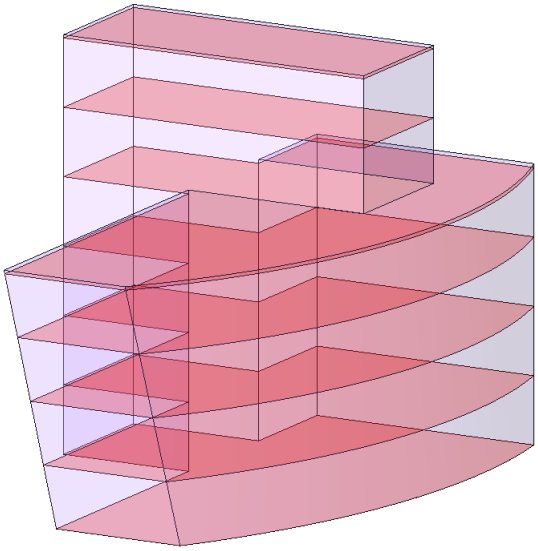


Fig. 2.48. Elements arquitectònics en la fase de disseny conceptual. El seu detall és baix, però la seva visualització, expressiva.

- ***Nivell de disseny***. Es tracta d'un grau d'informació que permet desenvolupar les tasques de disseny per antonomàsia sobre els sistemes generals. Es tracta del nivell de detall preferit dels arquitectes, que solen conservar fins als últims dies per la seva favorable relació entre l'esforç que implica el seu modelat i els resultats que se'n obtenen. No obstant, amb BIM es pot començar amb elements d'un nivell de detall molt alt, ja que la seva edició sovint es pot dur a terme mantenint la compatibilitat amb la resta d'elements i amb la seguretat de conservar totes les seves visualitzacions actualitzades. Aquest nivell de detall és l'apropiat per a desenvolupar la fase de ***Disseny Detallat*** del que es parla en l'apartat 2.3.3.

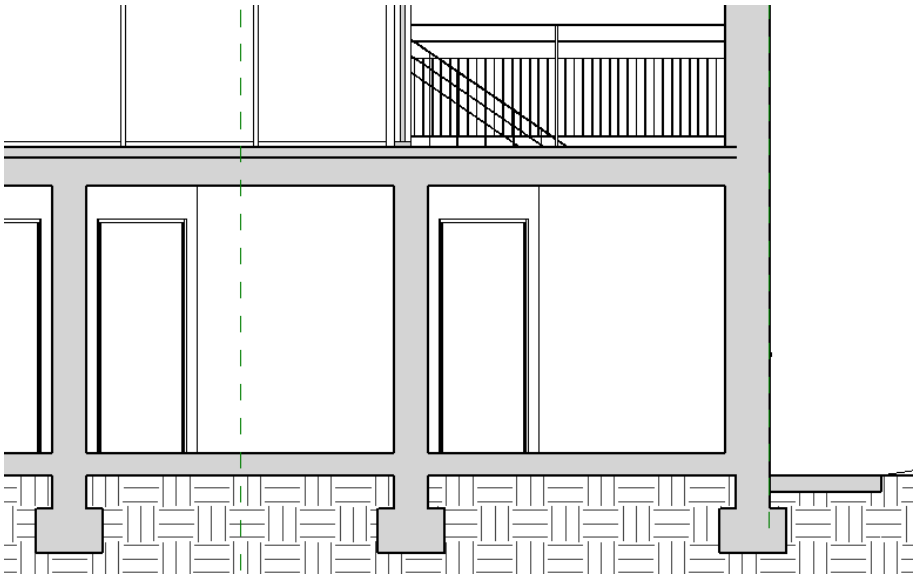


Fig. 2.49. Secció amb un nivell de detall de disseny; el que importa és el volum dels tancaments. Les famílies poden estan descrites únicament a aquest nivell.

- ***Nivell constructiu.*** En aquest nivell s'especifica com es disposen constructivament els diferents components dels elements arquitectònics. És l'equivalent al nivell de detall que s'empra majoritàriament en els projecte executius actuals. Emprant CAD literal, aquest nivell només es desenvolupa al final del procés i en representacions molt determinades (en les anomenades seccions constructives, per exemple), ja que qualsevol modificació implica un esforç enorme en l'actualització de les dades. Amb Tecnologia BIM, només es tracta d'una qüestió de definició de característiques, podent-se incorporar al model en el moment en que es desitgi, ja que la seva aparició en les visualitzacions estarà controlada pels paràmetres de detall explícit. Per altra banda, cal entendre que molts dels components que es mostraran en aquest nivell de detall no estaran modelats geomètricament sinó que simplement seran especificats en els objectes.

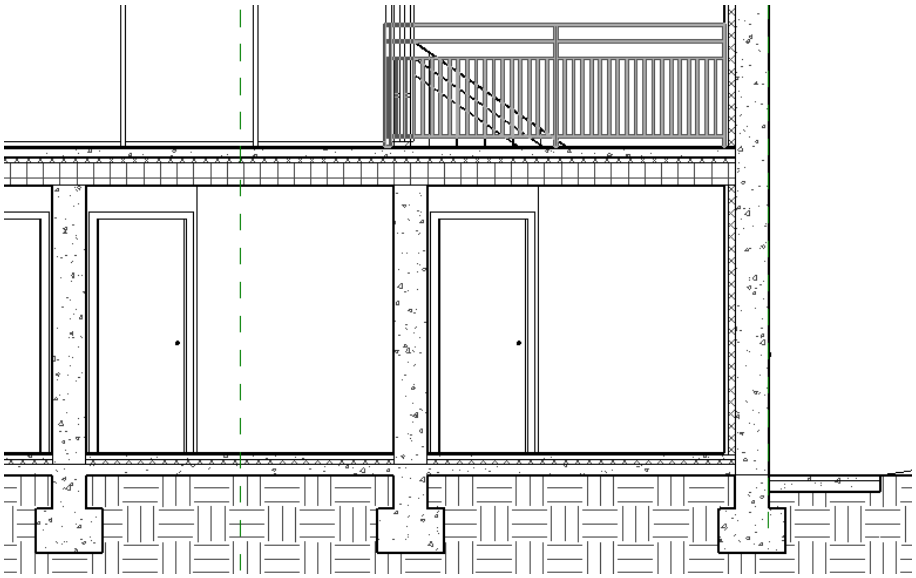


Fig. 2.50. L'exemple anterior estava modelat a nivell constructiu, detall que es mostra en aquesta vista. Els tramats són especificats per l'usuari, el software s'encarrega de que cobreixin tota l'àrea seccionada.

- ***Nivell de fabricació***. S'empra quan es vol especificar com es col·loquen exactament totes les peces necessàries per a construir determinat elements. El grau de detall es tal que només hauria de ser emprat quan es té la seguretat que el muntatge real es farà amb els materials i components que s'especifiquen en el disseny, ja que, en cas contrari, la feina resultarà inútil. Malauradament, molts dels detalls constructius que avui en dia s'elaboren expressen aquest nivell de detall, tot i que rarament es té als industrials integrats en el procés de disseny. Seria molt més adequat mantenir-los a nivell de detall constructiu. Tot i així, en l'apartat 2.3.4, es parla de la fase de ***Documentació***, en la que s'empra un model on el nivell de detall augmenta fins a arribar a aquests dos últims graus de precisió.

Amb les eines BIM actuals, aquests models es solen realitzar amb tècniques literals més o menys vinculades amb els models que detallen. No obstant, hi ha determinades disciplines, com l'estructural, on actualment es modelen BIM amb aquest nivell de detall, ja que això permet construir prototipus digitals en els que s'especifica absolutament tot. Un cop fet, els tradicionals plànols resulten redundants i el projecte es construeix emprant directament el model com a referència (normalment mitjançant vistes tridimensionals), sovint amb ajuda de tècniques de CAD-CAM. És el que es coneix com a *DDE* o ***Direct Digital Exchange***, ja que tot el procés es du a terme amb mitjans digitals fins al moment de l'execució.

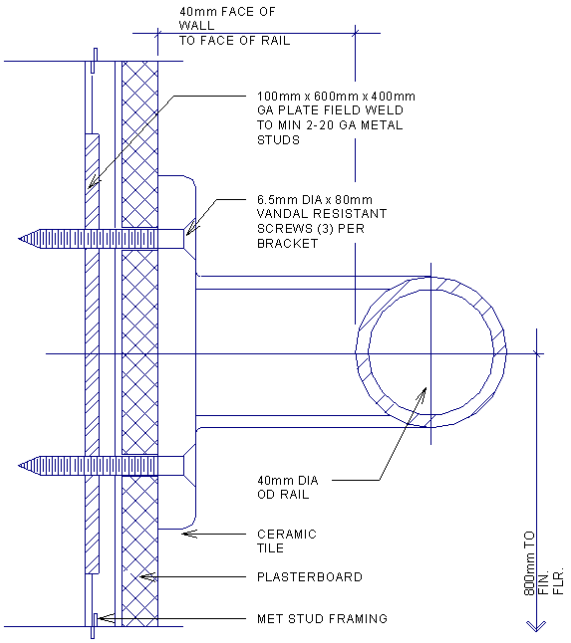


Fig. 2.51. Detall del passamà a nivell de fabricació. El seu ús només és aconsellable quan es té un gran coneixement dels components que s'empraran.

Independentment del nivell de detall implícit dels objectes, cada vista del BIM pot ésser configurada per a mostrar els objectes en un determinat nivell de detall, normalment lligat a l'escala de visualització per raons de visibilitat. Aquesta és una funció molt important d'una aplicació BIM, ja que permet desvincular la quantitat d'informació que conté un objecte amb la que es mostra; és a dir, el detall implícit de l'explicit. Per a aconseguir-ho, és habitual que, en les famílies de component, es solen crear diverses representacions tridimensional del model segons el nivell de detall desitjat.

· **Nivell de detall explícit**

Tota aquesta informació no pot ser mostrada simultàniament a cada vista, sino que precisa de ser filtrada convenientment per tal de focalitzar els aspectes essencials de cada visualització. Per a tal missió, caldria distingir el que és el que podríem anomenar ***control del detall vertical***, que es referiria a la resolució de la informació que es visualitza, del que seria el ***control del detall horitzontal***, que permetria veure un mateix model segons graus de detall implícit diferents.

Actualment, les aplicacions BIM disposen dels següent mecanismes per a controlar el nivell de detall explícit de manera automatitzada:

· ***Escala de visualització.*** Un dels avantatges de les eines digitals és que permeten treballar amb unitats reals, ja que l'espai que ocupen els models és infinit. El concepte d'escala es solia aplicar només a l'hora de generar làmines per a la seva impressió, essent omès en la resta de casos. El problema es tenia amb aquelles entitats que havien de conservar una aparença constant en totes les vistes independentment del seu nivell d'aproximació al model (zoom), com ara les anotacions (textos, cotes, símbols, etc.) i els tramats. L'usuari havia d'ajustar la mida d'aquests elements per tal que segons l'escala

explícita de la vista apareguessin correctament, la qual cosa era un contrasentit De mica en mica van anar apareixent mecanismes que vinculaven la mida d'aquests abjectes amb el factor d'escala de la vista on apareixien.

Amb les aplicacions BIM, aquesta prestació és converteix en un dels seus punts forts, fins al punt que totes les famílies d'anotació i els elements de tramat es dissenyen en unitats reals d'impressió i no de projecte. Així, un text discret farà uns 2mm d'alt però la seva mida en relació als objectes de model variarà en funció de l'escala de cada vista. El mateix passarà amb les trames, que podran arribar a desaparèixer i, fins i tot, amb els gruixos de línia, ja que són una propietat gràfica que s'hauria d'ajustar a la mida d'impressió.

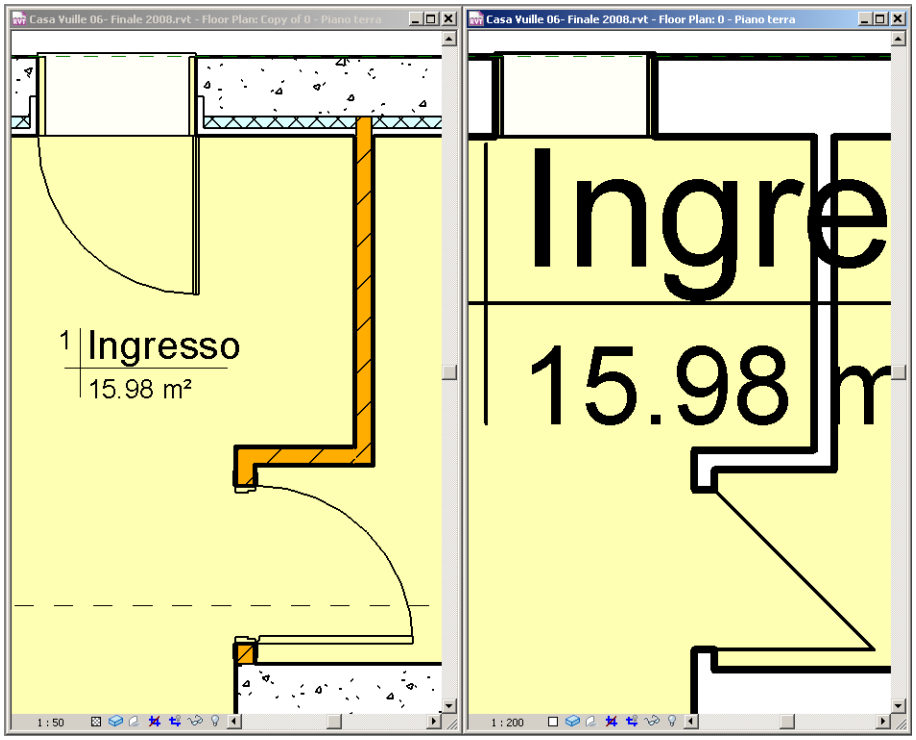


Fig. 2.52. Dues vistes idèntiques excepte per la seva escala de visualització (1:50 i 1:200) i pel seu nivell de detall. L'escala altera la mida relativa del text, de la trama i del gruix de línia; el segon paràmetre fa desaparèixer la visualització de les capes internes i els tramats dels tancaments seccionats alhora que simplifica el grafisme de les portes.

Val a dir que, si bé l'escala de visualització sol estar vinculada a un cert nivell de detall implícit, no sempre és així. De fet tots els modeladors permeten la configuració d'aquests paràmetres per separat, si bé també solen disposar de mecanismes per a relacionar-los automàticament. Sigui com sigui, l'escala d'una vista resulta essencial per a mantenir la llegibilitat de la informació que mostra, independentment de si s'ha d'imprimir o no.

- ***Visualització vers a les fases de disseny***. Algunes aplicacions BIM permeten incloure el factor temps en el modelat de la informació dels objectes, de tal manera que es pugui mostrar l'edifici en diferents estadis de la seva execució. No obstant, encara no estan enfocades cap a la visualització del projecte en diferents estadis del seu desenvolupament, probablement a causa de limitacions computacionals.

· Publicació de vistes

Totes les aplicacions BIM disposen de mecanismes per a publicar les vistes extretes dels seus models. El sistema més conegut és el de la seva impressió, per la qual cosa solen disposar de famílies especials que formen les làmines i que criden a les vistes seleccionades. Però les vistes també s'empren com a ports per a la exportació de dades en format literal. D'aquesta manera, es permet extreure, per exemple, una planta com un dibuix bidimensional o una volumetria com un model 3D, filtrant visualment el que es vol incloure en l'arxiu.

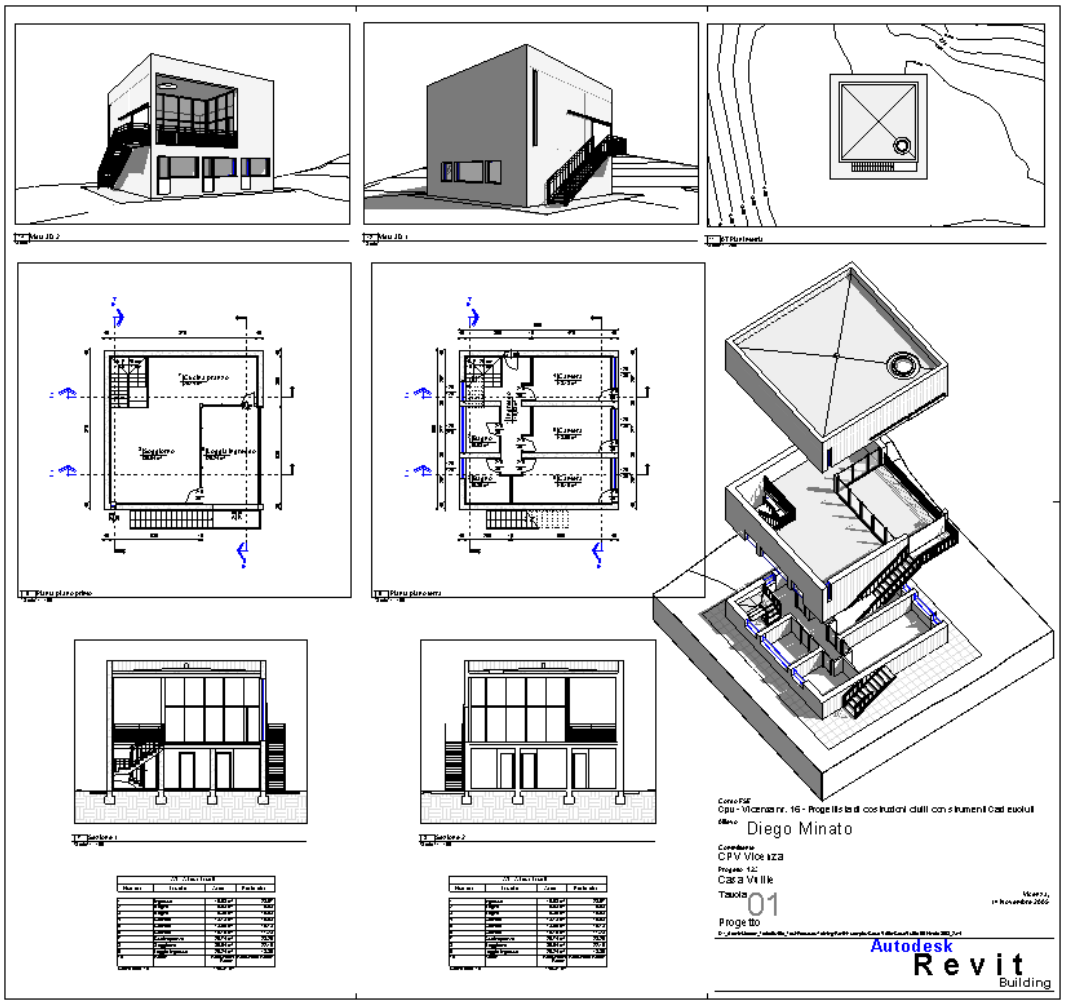


Fig. 2.53. Làmina elaborada amb Autodesk Revit. Cada finestra és una crida dinàmica a una vista extreta del model. Les taules també ho són.

· Compatibilitat amb representacions literals

A pesar de l'elevat nivell de detall amb que es pot modelar la informació dels objectes que conformen el BIM i de les possibilitats de personalització de les vistes que se n'extreuen, totes les aplicacions BIM ofereixen un cert grau de compatibilitat amb representacions literals que solen ser emprades per a suplir les limitacions del modelat o per a incorporar informació que no resulta viable modelar amb l'aplicació. Aquestes representacions poden ser tridimensionals o bidimensionals i poden estar en el context del model o en el d'alguna de les vistes. En el primer cas, conviuran amb la resta d'objectes apareixent en totes les vistes; essent controlats per

paràmetres especials per a la seva visualització. En el segon cas, molt més incongruent amb la Tecnologia BIM, pertanyeran només a una determinada vista, amb la qual cosa, a banda de no relacionar-se amb la resta d'objectes, podrà contenir informació incoherent amb ells. Els detalls constructius elaborats en vistes a banda són un exemple, tot i que també poden ser modelats en base a objectes paramètrics (com en el cas de la Fig. 2.40), cosa que el convertiria en un petit model d'informació independent (o parcialment relacionat). També pot emprar-se aquesta tècnica per a mostrar informació sobre un element singular que no s'ha pogut modelar tridimensionalment (com ara una barana complexa), la representació de la qual es superposa a les vistes on apareix integrant-se amb la visualització de la resta d'objectes. Naturalment, es tracta d'un recurs perillós que cal emprar amb cura, ja que aquesta informació estarà desvinculada amb la resta i no s'adequarà als canvis que es donin en el seu entorn ni apareixerà automàticament en altres vistes.

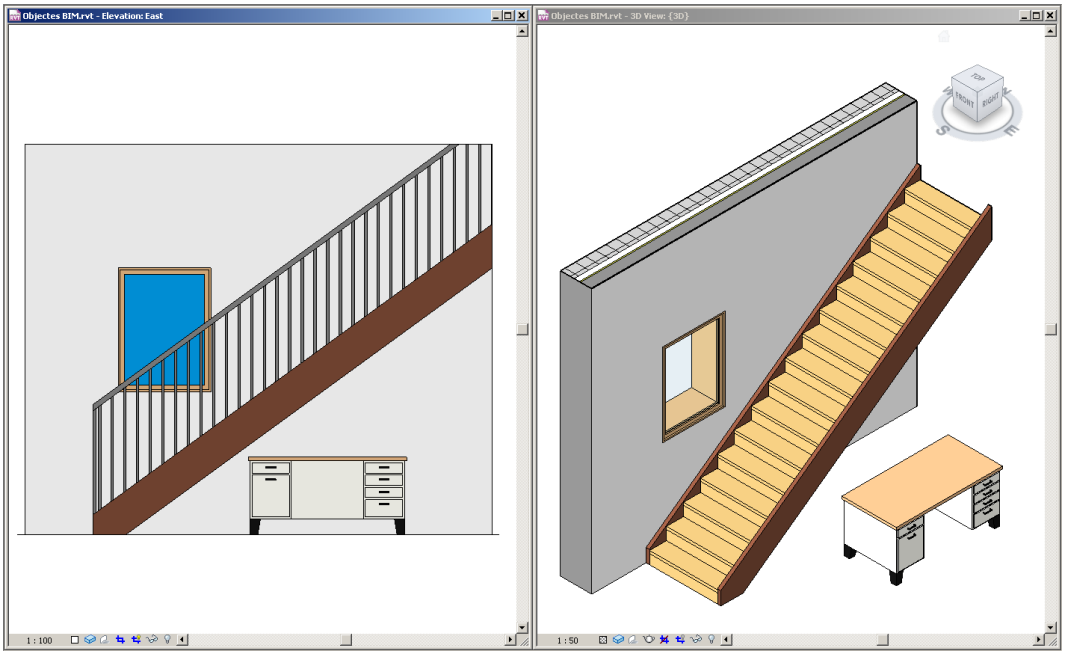


Fig. 2.54. La barana de l'escala de la vista de l'esquerra és una representació literal superposada a la vista lateral dels objectes de l'esquerra. Permet estalviar-se'n el seu modelat com a objecte tridimensional, però la no aparició en altres vistes fa incoherent el model. Per altra banda, qualsevol canvi en els objectes paramètrics, com ara un canvi en el pendent de l'escala, posarà en perill aquesta vista. Fora millor incloure un objecte esquemàtic en el model i crear un sol plànol de detall que la descrivís amb fidelitat.

Un cas similar, però a nivell d'objecte, és la incorporació d'informació bidimensional en elements tridimensionals per tal que sigui mostrada en les vistes ortogonals que d'aquest es facin i millorar així el grau de detall de la representació. Per exemple, un objecte tridimensional que representi una finestra pot estar compost per una sèrie de volums simples tridimensionals i uns dibuixos detallats que apareguin només en la seva representació en planta i en secció. Per tal de mantenir la coherència entre una i altra representació del mateix element arquitectònic, serà necessari cert comportament paramètric per a que aquesta informació es mantingui coherent entre sí (lligant la bidimensional a la tridimensional). Així que, en aquest cas, no es pot afirmar que es tracti d'informació literal adjuntada (com si fos un atribut) sinó que es tracta de dades paramètriques complementàries. Aquesta estratègia requereix un modelat curós de l'objecte al haver-hi informació redundant i només es veu justificada per qüestions d'optimització del rendiment computacional o de qualitat de la informació.

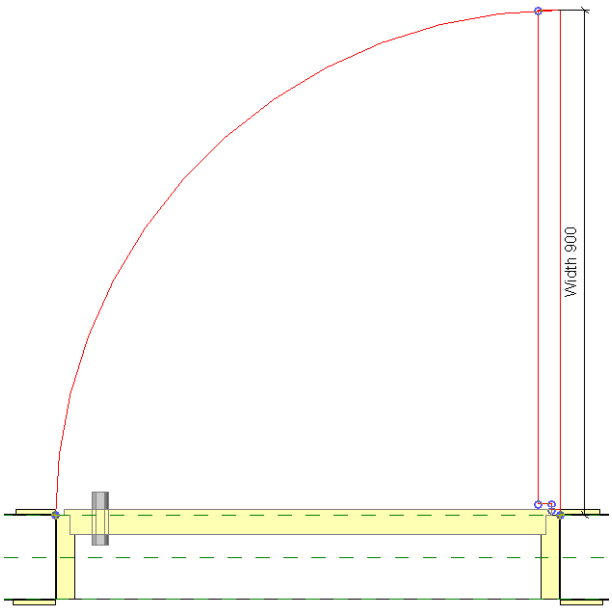


Fig. 2.55. En vermell es mostra la representació bidimensional de la porta d'un objecte BIM. Està parametritzada per a que segueixi la resta de representacions que formen l'objecte

En qualsevol cas, des de la perspectiva del BIM, sempre es buscarà el modelat únic i paramètric de la informació dels objectes, ja que es la forma mes directa de garantir les prestacions que d'aquesta tecnologia s'esperen.

· Producte BIM

Més enllà del concepte de vista, s'entén com a ***producte BIM*** quelcom obtingut gràcies a la creació d'un BIM. És pot tractar d'informació sobre un tema concret, d'unes vistes o d'uns plànols, d'unes dades a exportar a una màquina de CAD-CAM o qualsevol altra mena de recurs. Fins i tot un benefici intangible com un augment del control de l'execució d'un procés de muntatge és un producte BIM.

Tal com es veurà més endavant, els productes BIM són importants perquè són els que ajuden a definir com i què es modelarà en el model d'informació. Tal com ja passava amb les eines de CAD tradicional, no té sentit crear models que després no ens seran útils. Els models d'informació tenen l'avantatge de permetre un desenvolupament no lineal, poden adaptar-se millor a les necessitats dels seus creadors, les quals solen canviar a mesura que avança el projecte.

· Lliurable BIM

En la terminologia del món de la gestió de projectes, un ***lliurable***, és quelcom tangible que ha de ser ofert a una tercera persona per a que l'avalui i li doni el vist i plau. Aquest significat es conserva en el llenguatge de la Tecnologia BIM sota el terme *BIM Delivery*, ja que està molt relacionada amb la disciplina del Project Management. En el nostre argot, s'empra el terme ***entrega*** per a referir-se a l'esdeveniment d'acabar un projecte per a poder generar els lliurables per al receptors corresponents. Amb la Tecnologia BIM, però, la preparació dels

lliurables s'independitzen en major grau de la fase de finalització de projecte, ja que es poden anar preparant al llarg del seu desenvolupament, alleugerint la càrrega que tradicionalment tenen els períodes d'entrega.

2.2.7 CONCLUSIONS

La capacitat de la Tecnologia BIM de descriure un edifici des d'un punt de vista polièdric està revolucionant la indústria de la construcció perquè a la fi es comença a comptar amb unes eines que permeten la participació integrada de totes les disciplines implicades en l'elaboració de veritables prototipus digitals. En ells es pot assajar tot el que passarà amb i en l'edifici quan aquest es construeixi i s'usi. Per a aconseguir-ho, s'han estat desenvolupant durant anys una sèrie de tecnologies que han aconseguit que aquests recursos deixin de ser exclusius de les grans corporacions de la indústria manufacturada i passin a ser accessibles per a petits productors i dissenyadors. Entre ells hi trobem els del sector de la construcció, que tenen el handicap d'estar acostumats a treballar en petits grups especialitzats que només col·laboren entre ells el temps que dura l'elaboració d'un projecte i la seva construcció.

La solució ha passat per la fusió de les tecnologies de les bases de dades orientades a objectes amb les de visualització de models polifacètics, tot provant de trobar un compromís entre unes prestacions paramètriques elevades i un grau d'usabilitat alt per tal d'oferir al gran públic solucions que els permetin treballar de manera integrada amb professionals de perfils molt heterogenis.

Les aplicacions BIM actuals ja estan demostrant que són molt solvents a l'hora de resoldre els tradicionals problemes derivats del modelat coordinat i de la generació de documentació automatitzada. Però el seu potencial encara s'està desplegant, desenvolupant-se contínuament noves implementacions d'aquesta tecnologia que proven de resoldre els problemes de les diferents especialitats implicades en el fet constructiu per tal d'aconseguir millorar, definitivament, el producte arquitectònic en general. Però paral·lelament, a mesura que el nombre d'usuaris de Tecnologia BIM va creixent, es van trobant noves utilitats amb les quals no s'havia pensat, que faran que s'obri el ventall de possibilitats fins a límits que són difícils de preveure. El que és interessant d'observar és que molts d'ells no estan relacionats directament amb el món de la construcció. Com tampoc no ho estan molts dels desenvolupadors de software que, amb els seus productes, creen sinèrgies que ajuden a que aquesta tecnologia eclosioni.

Naturalment, tot això no es pot aconseguir gratuïtament. El preu a pagar és l'abandonament de maneres de treballar i tecnologies obsoletes i per apostar definitivament per una forma d'enfocar els problemes que s'està imposant en tots els àmbits del disseny i la planificació: el modelat de la informació. De fet, podem trobar aquest concepte en qualsevol eina informàtica mínimament sofisticada; fins i tot un simple processador de textos manega objectes per a millorar la gestió de les seves dades.

2.3 BIM DURANT EL CICLE DE VIDA DE L'EDIFICI

La Pràctica Integrada s'ocupa de tot el cicle de vida de l'edifici, des de que el promotor comença a fer números per a calcular la viabilitat de la seva pròxima inversió fins que els usuaris decideixen reformar l'edifici que fa anys que exploten. L'objectiu és no només desenvolupar cada fase d'aquest cicle de la manera més eficient, coordinada i segura, sinó assegurar que la feina feta en una fase s'aprofiti en la següent amb una mínima pèrdua del valor que té el coneixement dipositat en el model de l'edifici.

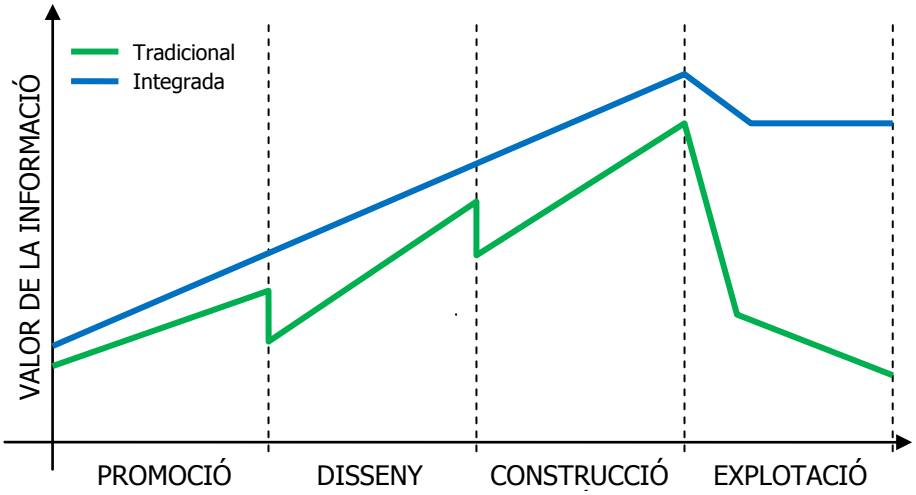


Fig. 2.56. Valor de la informació dels models de l'edifici al llarg del seu cicle de vida comparant la pràctica tradicional amb la integrada.

Així doncs, el model BIM anirà evolucionant per a donar resposta a les necessitats que aniran requerint cadascuna de les fases del cicle de vida de l'edifici. En aquest treball, s'ha dividit aquest procés en vuit fases, emprant com a referència la temporització que va establir el AIA California Counciil al 2007 en el document titulat "*Integrated Project Delivery. A working definition*" amb la intenció d'oferir una guia per a la pràctica integrada basada en models BIM. Actualment, es tracta d'un document de consulta obligada. No obstant, se n'ha fet una adaptació en la que s'hi han afegit les fases d'explotació i de reciclatge (que tanca el cicle), tot emprant una terminologia més afí a la semàntica nacional.

Per altra banda, a cada fase se li ha assignat un tipus de model BIM amb el que es treballa, tot tenint en compte que cadascun d'ells parteix de l'anterior i té com a objectiu servir de base per al següent. També, i com a referència temporal aproximada, s'ha mantingut una correspondència amb els models que s'empren en la pràctica tradicional, que s'anomenen de forma idèntica a la documentació que generen (projecte bàsic, executiu, etc.) al tractar-se de models literals. De tota manera, cal tenir sempre present que les prestacions dels models de la Pràctica Integrada i dels seus equivalents de la pràctica tradicional són semblants però no idèntiques.

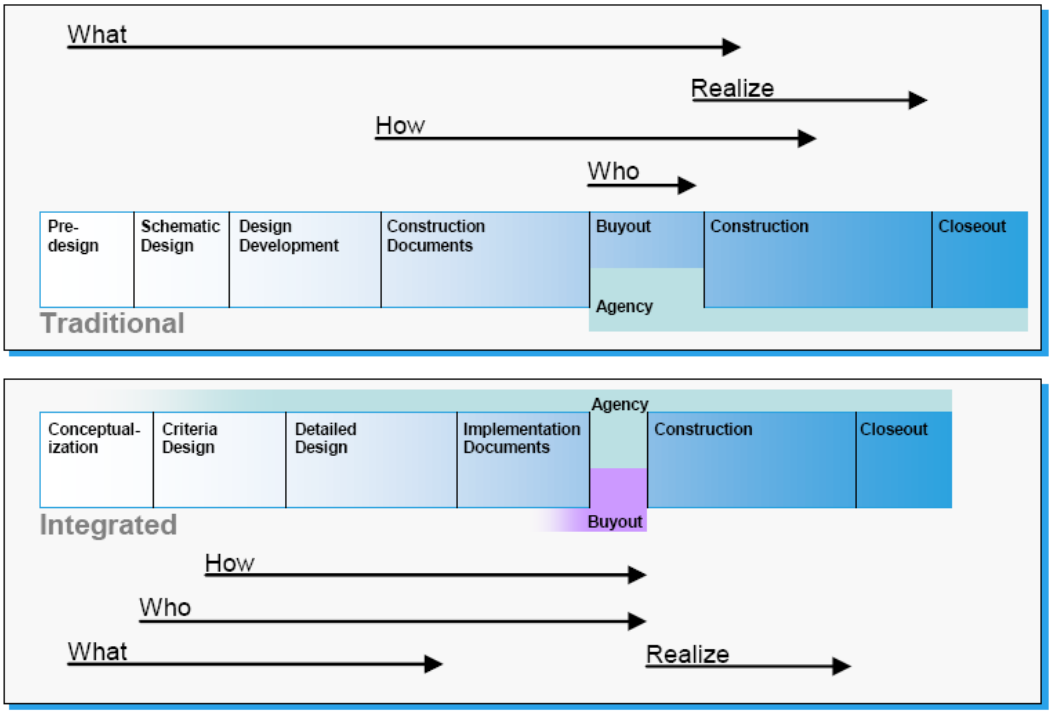


Fig. 2.57. Imatge del document publicat per el AIA California Council anomenat "Integrated Project Delivery, a working definition" a meitats del 2007. La fase "Agency" es refereix als processos de legalització (permisos, assegurances, etc.)

TRADITIONAL PRACTICE	PRÀCTICA TRADICIONAL
Pre-design	Promoció
Schematic Design	Avantprojecte
Design Developement	Projecte Bàsic
Construction Developement	Projecte Executiu
Buyout - Agency	Licitació i Legalització
Construction - Closeout	Execució
Operate	Explotació
Reuse	Reciclatge

INTEGRATED PRACTICE	PRÀCTICA INTEGRADA
Conceptualization	Promoció
Criteria Design	Disseny Conceptual
Detailed Design	Disseny Detallat
Implementation Documents	Documentació
Buyout - Agency	Licitació i Legalització
Construction - Closeout	Execució
Operate	Explotació
Reuse	Reciclatge

Fig. 2.58. Equivalència terminològica emprada en aquest treball.

Per alta banda, s'ha de tenir en compte que el producte de cada fase ha de ser validat per totes les parts interessades abans de passar a la fase següent. També cal entendre que es pretén que el contractista participi en el desenvolupament del projecte en el primer moment i que els executors de l'obra ho facin el més aviat possible. Per aquesta raó, tots els models de disseny disposen d'informació sobre planificació d'execució (4D) i costos (5D), per tal de permetre licitar l'execució del projecte en les fases primerenques.

- ***Promoció***. Es tracta de la fase on el promotor elabora el programa que descriu les especificacions que ha d'acomplir l'edifici. En ell s'estipulen tots els aspectes importants, des dels mètrics i funcionals, fins al pressupostaris. El promotor entregarà al equip de dissenyadors o l'associació Disseny - Construcció un ***Model de Promoció*** que contindrà

dades que podran ser incorporades al Model Conceptual següent. Es tracta d'una referència que ha de ser respectada al màxim per totes les parts.

- ***Disseny Conceptual***. Els dissenyadors elaboren estudis preliminars que exploren diferents opcions fins a trobar-ne una que satisfaci les especificacions inicials. El model corresponent seria el ***Model Conceptual***, que donaria lloc al que actualment s'anomena ***Avantprojecte***. Segons els criteri de la Pràctica Integrada, és la fase més important del disseny d'un edifici, ja que assenta la direcció de tot el futur desenvolupament.

- ***Disseny Detallat***. Un cop validat el Model Conceptual, es desenvolupa el disseny de l'edifici en quant a totes les seves especificacions formals i funcionals. Es tracta del ***Model Detallat*** que serviria per obtenir-ne l'actual ***Projecte Bàsic***, amb el que ja es podria demanar llicència d'obres. Aquest model conté totes les especificacions del projecte de forma intrínseca i, per tant, permet emprar-lo per a realitzar totes les anàlisis i simulacions necessàries (que complementin els efectuats anteriorment) per assegurar que l'edifici construït complirà els requisits imposats en la fase de Promoció. Es tracta doncs, d'un veritable ***Prototipus Digital***.

- **Documentació**. Un cop validat el disseny de l'edifici, es segueix desenvolupant el model de l'edifici afegint el nivell de detall necessari per a descriure com cal construir-lo Es genera un model que aquí anomenarem ***Model Constructiu*** quan té un nivell de detall descriptiu (que és l'habitual en els actuals processos constructius), o ***Model de Fabricació*** quan el nivell de detall és tal que especifica de manera exacta cada component que es construirà (com en el cas dels elements pre-fabricats, algunes estructures, o en les cases de fusta que es fabriquen a taller). Actualment s'entregaria com a ***Projecte Executiu***.

- **Licitació i legalització**. Tradicionalment, seria la fase on s'assigna contractista a l'obra i es busquen els industrials necessaris. En un sistema de contractació tradicional (Disseny – Licitació – Construcció), tindria lloc després de la fase de Documentació un cop validat el seu model. No obstant, la intenció de la Pràctica integrada és la de poder arribar a repartir aquesta fase al llarg de les anteriors, al estar l'obra assignada després de la fase de Promoció (sistema Col·laboratiu) o després de la de Disseny (sistema Disseny – Construcció), obtenint els beneficis descrits al principi d'aquest capítol. No obstant, es contempla la possibilitat d'acabar de contractar els recursos necessaris en aquest període. En qualsevol cas, els implicats elaboren un ***Model de Licitació*** en el que s'especifica què, com, quan i per quant es construirà l'edifici. Com la resta de models, tindria valor contractual prèvia validació. Durant aquest període també es duran a terme els tràmits burocràtics per a legalitzar l'obra que s'està a punt de construir.

- **Execució**. Un cop el promotor ha validat el Model de Licitació i el Model de Construcció o Fabricació, s'executa el projecte emprant com a referència les vistes extretes del model, que ara ha passat a ser el ***Model d'Execució***. Aquest s'actualitza amb els canvis esdevinguts en aquesta fase. En la pràctica tradicional s'acostuma a elaborar la documentació amb aquest mateix nom. El seu objectiu és donar resposta als imprevistos i oferir als usuaris informació fidedigna sobre l'edifici que explotaran. És el que actualment es coneix com a Estat Final d'Obres.

- **Explotació**. Els usuaris reben el Model d'Execució i l'amplien per a emprar-lo per a explotar l'edifici que gestionen, creant el ***Model d'Explotació***. El propietari d'unes oficines, per exemple, podrà aprofitar-lo per a gestionar l'ubicació dels seu treballadors alhora que per a programar el manteniment de les seves instal·lacions. Actualment, es solen emprar eines de GIS per a elaborar el que podríem anomenar Projecte d'Explotació.

- **Reciclatge**. Quan es tanca el cicle, és a dir, quan l'edifici es reforma (o s'enderroca), es salta al Model Conceptual partint de la informació elaborada sobre el ***Model d'Estat Actual***, que en un cicle BIM complet, serà idèntic al d'Explotació, però que caldrà elaborar-lo si no és el cas. El seu origen està en un procés de validació negativa de l'explotació de l'immoble, és a dir, quan els implicats consideren que l'edifici ja no pot donar els serveis que se n'esperen i cal reformar-lo.

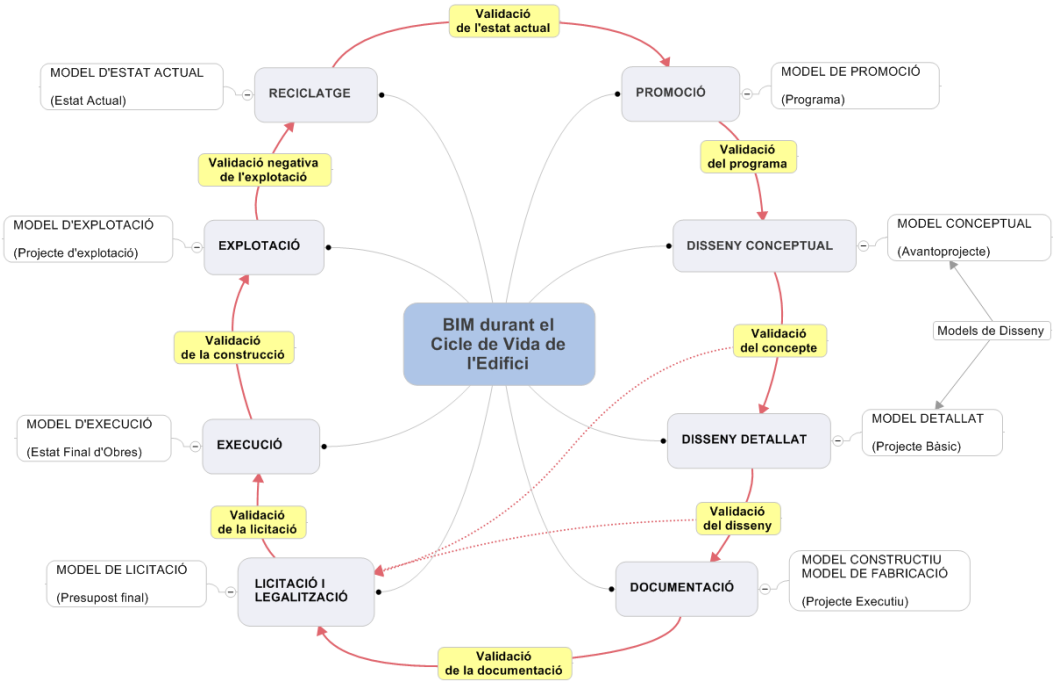


Fig. 2.59. Cicle de vida d'un edifici amb els models BIM que es desenvolupen a cada fase i el producte que se n'obtindria en la nomenclatura de la pràctica tradicional (entre parèntesis).

En tot aquest procés, cal recordar que, a diferencia de la pràctica tradicional, es procura que els implicats puguin treballar, validar o emprar els models en si, ja que són els que contenen tota la informació, en comptes d'emprar la documentació que se'n pugui extreure. Naturalment, els creadors dels models prepararan els productes i lliurables BIM adequats a tal efecte, però la Pràctica Integrada reconeix la conveniència d'un accés dinàmic a la informació en detriment d'un d'estàtic. Per aquesta raó, les figures contractuals de l'avantprojecte, projecte basic, projecte executiu i amidaments, basades en representacions literals, queden obsoletes respecte d'aquest plantejament. És més, cal recordar que, en la pràctica tradicional, els models amb que es treballa són les pròpies representacions que es presenten, però quan s'empren Models d'Informació, el producte obtingut només és una part del potencial que té el model.

Per altra banda, cal recordar que el procés no té perquè desenvolupar-se de manera absolutament lineal, ja que, depenent del grau d'integració dels implicats en la construcció de l'edifici, hi ha fases que es poden avançar i desenvolupar paral·lelament. Un cas típic és el Model de Licitació que podrà gestar-se en paral·lel als Models Conceptual, de Disseny i de Construcció o Fabricació, tot permetent prendre decisions més acurades en els estadis inicials del desenvolupament. Però també serà possible desenvolupar Models Conceptuals o de Disseny amb objectes d'un elevat grau de detall propis de Models de Fabricació, si es disposa de la informació necessària (com en el cas dels projectes de franquícies comercials) i resulten apropiats per als estudis que es volen realitzar.

2.3.1 PROMOCIÓ

El cicle de vida de l'edifici comença quan un promotor formula les especificacions del nou edifici que vol construir o reformar. Actualment aquestes dades inclouen molts requeriments que van dels aspectes funcionals i de localització urbanística fins a criteris de confort de qualitat passant, òbviament, pels econòmics. El promotor entregarà a l'equip de dissenyadors o l'associació Disseny - Construcció un ***Model de Promoció*** que contindrà informació que podrà ser incorporada al Model Conceptual següent. D'aquesta manera s'aconseguirà incorporar aquest criteris al disseny des de bon principi, ja que seran aquests els que mesuraran l'èxit del projecte al final del procés.

2.3.2 DISSENY CONCEPTUAL

En aquesta fase, s'elabora un estudi de les necessitats del client a través de l'anàlisi del Model de Promoció. A partir de les seves dades, es crea un model que emmagatzema tota la informació disponible, especialment, aquella que esdevindrà una restricció del disseny. Això ens permetrà evolucionar el projecte en torn als aspectes que finalment el limitaran. També es recopila des dades disponibles sobre les preexistències, si és el cas, i se'n fa també el ***Model Conceptual*** per a poder treballar-hi.

Per a modelar la informació no cal emprar objectes amb un gran nivell de detall. Per exemple, el programa es pot anar distribuint en cèl·lules volumètriques que representin diferents espais d'edifici afegint en elles informació sobre el seu ús i necessitats, però alhora encabint-les en un contenidor que representi l'envolvent màxima que pot ocupar l'edifici.

També es planifiquen els aspectes estratègics relacionats amb el cicle de vida de l'edifici, com ara el mode contractual que es vol emprar i la temporalització general de la producció dels models necessaris així com la dels productes que se'n precisa extreure.

Tot això permetrà fer els primers càlculs de viabilitat, al poder extreure'n informació al respecte com ara els metres quadrats per planta reservats a cada ús, la distribució d'usos, els costos previstos, etc. Aquests càlculs es podran comparar amb altres models conceptuals elaborats anteriorment o estàndards per tal d'afinar les conclusions obtingudes i donar al client una justificació de les nostres previsions. És quelcom que ja s'aplica actualment amb l'ús de sistemes d'amidaments i pressupostos automatitzats per a determinades tipologies i amb la

pràctica d'alguns professionals de començar els seu projectes a partir d'altres realitzats anteriorment que fan servir de prototip. El problema era que totes aquestes tècniques, al no comptar amb un suport tecnològic adequat (el dels models d'informació) no podien desplegar els seu potencial.

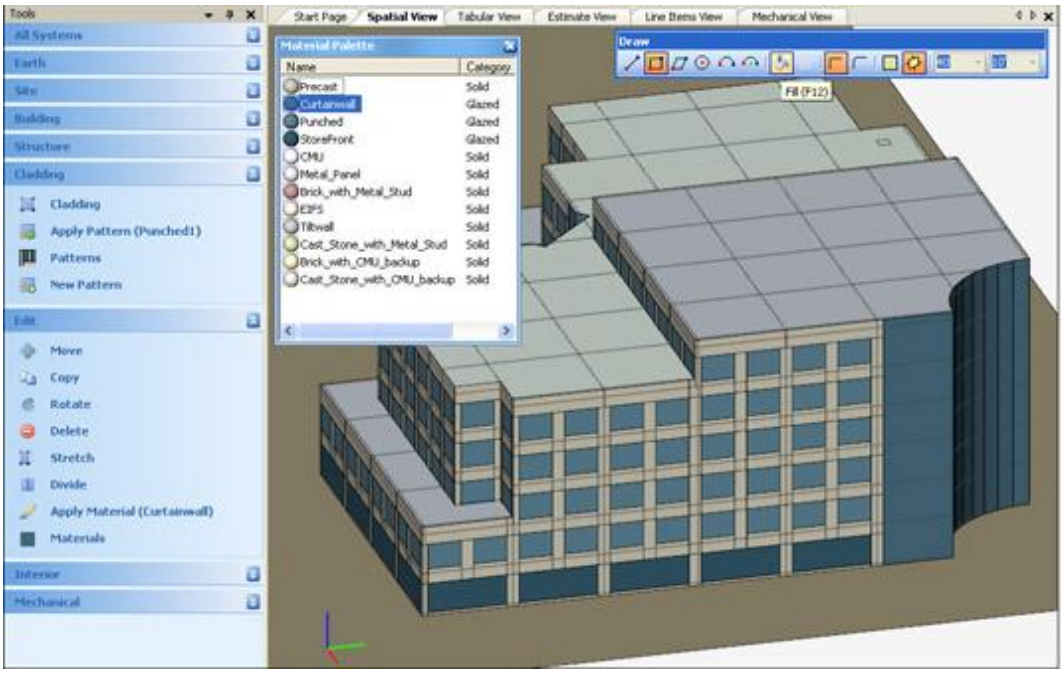


Fig. 2.60. Model conceptual d'un edifici d'oficines. En ell se'n poden fer els primers càlculs de viabilitat.

Qualsevol aplicació BIM pot servir per a realitzar aquesta tasca, però n'hi ha d'especialitzades en l'obtenció de models conceptuals i pre-càlculs acurats que són molt eficaços en les tipologies edificatòries més previsibles, com les oficines, els habitatges, els hotels o els hospitals (que per altra banda representen el gruix de la construcció contemporània). Un bon exemple és la jove solució DProfiler de Becker Technologies.

El gran avantatge de l'elaboració d'aquest model respecte als tradicionals avantprojectes és que permet treballar amb una quantitat de coneixement molt més elevada i prendre decisions estratègiques en el moment on hi ha més marge de maniobra. És, doncs, el moment d'invertir més esforços en eines que permetin la simulació de tota mena d'aspectes. També és important reconèixer la necessitat de detallar les especificacions del projecte i sobretot, les seves restriccions (com ara el cost final, les qualitats mínimes i màximes dels materials, etc.). D'aquesta manera s'assegura que la resta de fases es desenvolupen seguint aquests criteris.

D'aquesta manera, s'aconseguirà que totes les parts implicades en surtin beneficades. Per una banda, el promotor podrà prendre decisions comptant amb molta més informació de la que obtenia dels processos tradicionals alhora que podrà participar en l'establiment de les especificacions del projecte i de les seves restriccions, prenent així el control de la inversió que vol fer. Els dissenyadors, per la seva banda, podran partir d'un model que els guiarà en el desenvolupament del projecte, tot estalviant-se malentesos i gaudint de la relació de confiança aconseguida amb el client, ja que la comunicació entre les parts millorarà al comptar amb mitjans molt més adequats. Si el contractista i els industrials participen en aquesta fase, podran

aportar coneixement al projecte i començar a planificar els recursos que necessitaran durant la fase de construcció de l'edifici amb molta més antelació, amb la seguretat que els donarà conèixer les seves característiques de bon principi i el fet d'haver aconseguit l'encàrrec per altres mèrits més enllà de la promesa d'un menor cost.

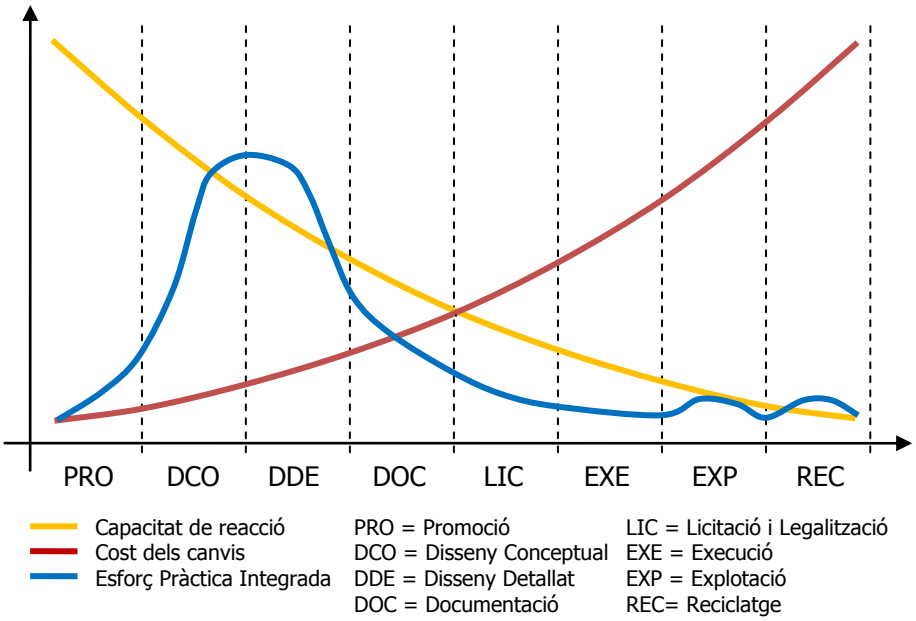


Fig. 2.61. En les fases primerenques és quan hi ha més marge de maniobra i quan les decisions preses condicionen més el disseny final.

El procés finalitza amb la validació del Model Conceptual, que té valor de contracte entre les parts implicades.

· Planificació del modelat

És quelcom ben sabut pels CAD Managers, figura quasi inexistent al nostre país, que una planificació dels recursos tecnològics necessaris per a desenvolupar un projecte amb eines digitals permet estalviar molta feina i millorar el procés de creació en si. Amb el modelat BIM passa al mateix, així que, en aquesta fase, caldrà dur a terme una important tasca de planificació de la creació del model.

La part més important d'aquesta planificació és la definició del que es vol extreure del model (***productes BIM***) ja que les especificacions que haurà de complir hauran d'anar en consonància. Per exemple, si un model ha de servir per a planificar la seqüència de construcció dels seus sostres, aquests hauran d'estar modelats separant-los segons les superfícies màximes formigonables en una sola jornada per a permetre assignar a cada porció una posició cronològica diferent.

Un aspecte important d'aquest procés és la definició del nivell de detall (***LOD, Level Of Detail*** en l'argot) que hauran de tenir els objectes del BIM. En aquest sentit, *Vico software* va començar l'any 2004 a desenvolupar un sistema anomenat ***Model Progression Specification*** (MPS) que serveix com a referencia per a que hom sàpiga fins a quin punt ha de detallar. A aquest desenvolupament s'hi va afegir més tard la *Webcor Builders* (un important contractista

americà) i més tard la pròpia ***American Institute of Architects*** *(AIA)* que va incloure aquestes especificacions al document publicat a finals del 2008 (AIA BIM document E202-2008).

Level of Detail ->	100	200	300	400	500
Model Content					
Design & Coordination (function / form / behavior)	Non-geometric data or line work, areas, volumes zones, etc.	Generic elements shown in three dimensions - maximum size - purpose	Specific elements Confirmed 3D Object Geometry - dimensions - capacities - connections	Shop drawing/ fabrication - purchase - manufacture - install - specified	As-built - actual
Authorized Uses					
4D Scheduling	total project construction duration phasing of major elements	Time-scaled, ordered appearance of major activities	Time-scaled, ordered appearance of detailed assemblies	Fabrication and assembly detail including construction means and methods (cranes, man-lifts, shoring, etc.)	
Cost Estimating	Conceptual cost allowance Example $/sf of floor area, $/hospital bed, $/parking stall, etc. assumptions on future content	Estimated cost based on measurement of generic element, e.g., generic interior wall.	Estimated cost based on measurement of specific assembly, e.g., specific wall type.	Committed purchase price of specific assembly at Buyout.	Record costs
Program Compliance	Gross departmental areas	Specific room requirements	FF&E, casework, utility connections		
Sustainable Materials	LEED strategies	Approximate quantities of materials by LEED categories	Precise quantities of materials with percentages of recycled/locally purchased materials	Specific manufacturer selections	Purchase documentation
Environmental: Lighting, Energy Use, Air Movement Analysis/Simulation	Strategy and performance criteria based on volumes and areas	Conceptual design based on geometry and assumed system types	Approximate simulation based on specific building assemblies and engineered systems	Precise simulation based on specific manufacturer and detailed system components	Commissioning and recording of measured performance
Other uses may be identified and developed					
Exiting and circulation					
Code compliance					
Etc.					

Fig. 2.62. Especificacions del nivell de detall necessari per a dur a terme certes tasques. Més informació http://www.ipd-ca.net

A banda d'aquest aspecte, també és molt important planificar la cronologia del modelat (que anirà en paral·lel a l'evolució del projecte i inclourà també l'obtenció dels productes BIM) i quins professionals s'ocuparan de cada tasca (Model Component Authoring). És important adonar-se del fet que, a diferencia de la pràctica tradicional, en la Pràctica integrada, els professionals intervindran en el modelat en funció de la seva capacitat d'aportar coneixement al model i no pas en relació a la fase en la que tradicionalment intervenien (*Bedrick, 2008)*. D'aquesta manera, per exemple, l'especialista en conduccions d'aire condicionat, podrà intervenir en la Fase de Disseny Detallat amb un modelat bàsic d'aquestes instal·lacions i en la de Documentació, amb un modelat a nivell de fabricació.

Per últim, no s'ha de descuidar tota la infraestructura tecnològica necessària, des de disposar del software i hardware adient fins a comptar amb un sistema de gestió de la informació adequat a la naturalesa del projecte. En aquest aspecte, resulta essencial comptar amb una bona organització documental que inclou llibreries de plantilles i d'objectes BIM, així com unes bones estratègies de treball multiusuari i multidisciplinar.

Level of Detail ->	100	200	300	400	500
Element					
Interior wall	Not modeled. Cost and other information can be included as an amount per s.f. of floor area.	A generic interior wall, modeled with an assumed nominal thickness. Properties such as cost, STC rating, or U-value may be included as a range.	A specific wall type, modeled with the actual thickness of the assembly. Properties such as cost, STC rating, or U-value can be specified.	Fabrication details are modeled where needed.	The actual installed wall is modeled.
Duct run	Not modeled. Cost and other information can be included as an amount per s.f. of floor area.	A 3-dimensional duct with approximate dimensions.	A 3-dimensional duct with precise engineered dimensions.	A 3-dimensional duct with precise engineered dimensions and fabrication details.	A 3-dimensional representation of the installed duct.

Fig. 2.63. Especificacions del LOD en dues categories d'objecte determinades.

2.3.3 DISSENY DETALLAT

Un cop validades les especificacions del model conceptual es passa a la elaboració del ***Model Detallat***, que equivaldria una projecte bàsic molt desenvolupat. Tradicionalment, ha estat la part preferida dels arquitectes, ja que tradicionalment es considera que en aquest període és quan s'ha de ser més creatiu, no deixant de banda cap opció i no preocupar-se gaire dels condicionants que més tard imposaran les estructures i les instal·lacions. Aquesta manera de procedir és la causa d'un costós desenvolupament del projecte executiu, on sovint s'han de forçar les coses per a que tot acabi encaixant. Per aquesta raó, amb la Pràctica Integrada, les regles bàsiques del joc ja s'han decidit durant la fase anterior de mutu acord amb el promotor i, si si'escau, amb el contractista. Per altra banda, en aquesta fase tots els dissenyadors, siguin de la disciplina que sigui, treballen junts en l'elaboració del projecte, participant del procés. Això és possible gràcies a la Tecnologia BIM, que permet la integració de diferents disciplines en un mateix model o en varis de sincronitzats. En general, tots treballaran amb un nivell de detall similar, el de disseny; però no es estrictament necessari per a tots els components del projecte.

La intenció és resoldre ara tots els aspectes relacionats amb el disseny de l'edifici elaborant un veritable ***Prototipus Digital*** que permeti emular fidedignament les prestacions i comportament de l'edifici un cop construït. Si s'observa la Fig. 2.61, el cost de qualsevol canvi en aquesta fase es molt baix, així com elevades són la capacitat del projecte per canviar de rumb. El que es busca és eliminar el màxim d'imprevistos a l'hora d'executar l'obra i assegurar que el producte final es comportarà correctament en relació a múltiples requeriments (funcionals, estètics, energètics, de seguretat, econòmics, etc.). La majoria d'aquestes comprovacions s'hauran pogut fer durant la fase de Disseny, però caldrà assegurar-se que els resultats continuen essent vigents. Aquest prototipus ha de servir per a que el promotor i l'administració validin el seu disseny i especificacions.

Quan més integrat sigui el treball multidisciplinar, més aspectes del projecte es podran resoldre en aquesta fase on, precisament, està tot per decidir. D'aquesta manera, la fase següent es podrà dedicar principalment a afinar el disseny per a la seva construcció amb un alt grau de seguretat sobre el disseny aconseguit en aquesta.

En els casos en que l'aplicació de disseny BIM suporti el modelat conceptual, aquest es podrà aprofitar per a desenvolupar el Model Detallat tot incrementant el nivell de detall dels seus objectes. En d'altres, caldrà generar-ne un de nou, però en qualsevol cas, caldrà respectar les restriccions en el conceptual. És important entendre que, lluny de suposar una trava per al disseny, les limitacions establertes en la fase inicial han d'esdevenir una eina de disseny, ja que al final acabaran imposant la seva llei inevitablement. En alguns casos, els arquitectes mostren una gran habilitat en aquest sentit fent de les restriccions un motor per a la seva creativitat, però en d'altres no. Un cas recurrent és el pressupost disponible per al projecte. En comptes de projectar un edifici i després intentar fer creure que es pot construir amb el pressupost esperat, fóra millor tenir sempre present el cost del que s'està projectant per a poder adequar-lo a aquesta restricció final. Naturalment, per a que això sigui possible, cal disposar de les eines i de la informació adequades, d'aquí la necessitat d'una Pràctica Integrada i d'una Tecnologia BIM.

En aquesta fase, els beneficis obtinguts estan relacionats amb l'obtenció d'un millor disseny en tots els seus aspectes. La Pràctica Integrada permet el treball col·laboratiu entre els diferents implicats, amb molt menys malentesos i amb una coordinació entre les parts infinitament millor. Per altra banda, la productivitat de la creació del model en si s'incrementa en gran mesura, al quedar automatitzades les tasques de documentació i d'obtenció de vistes del model, aconseguint un flux de treball molt més interactiu. Però tampoc no hem d'oblidar les noves possibilitats de simulació que un model d'Informació ens brinda. En aquesta fase, ja es possible obtenir càlculs energètics, acústics, d'ocupació, de seguretat contra incendis, d'acompliment de normatives i tota mena de comprovacions que faran que el nostre disseny tingui moltes més garanties d'acomplir allò que se n'espera. Tot això en una estadi del disseny encara primerenc.

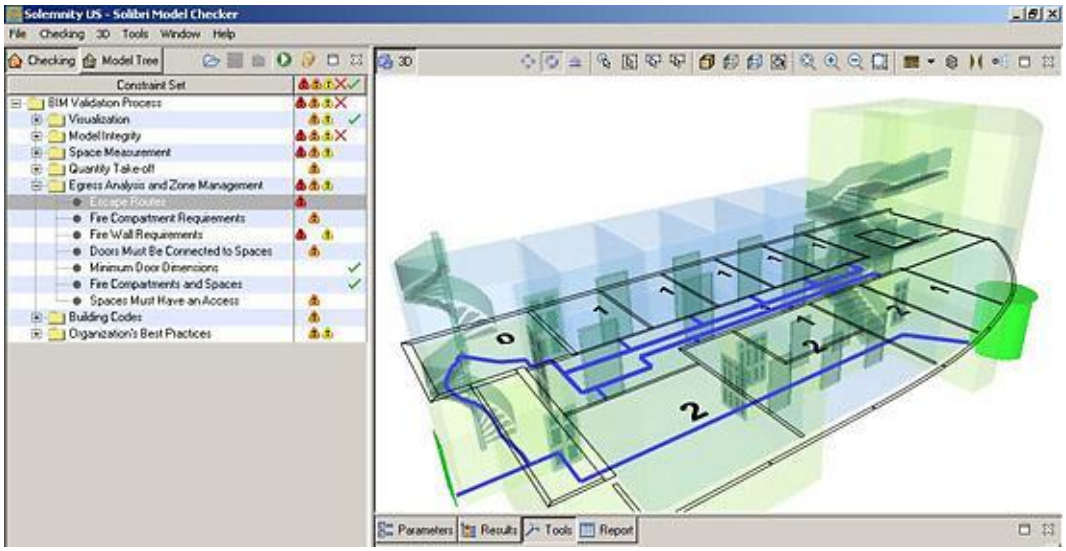


Fig. 2.64. Comprovació de rutes d'escapada amb Solibri Model Checker. És una de les moltes comprovacions que pot aquesta eina BIM.

Els beneficis obtinguts en aquesta fase són proporcionals a la fidelitat que s'aconsegueixi amb el model vers al seu comportament final. Quan més fiable sigui el disseny, menys correccions i sol·licituds d'informació s'hauran de resoldre en la fase d'execució, fet que repercuteix en una major productivitat de tots els implicats. Els dissenyadors tindran menys feina, els contractistes i els executors de l'obra perdran menys temps i els promotors estalviaran diners al haver menys imprevistos. Els futurs usuaris, per la seva banda, gaudiran d'un edifici amb un millor comportament en tots els aspectes que s'hagin pogut simular en aquesta fase. Amb la Tecnologia BIM, dissenyar en funció de l'estalvi energètic o del bon comportament de la ventilació o de la acústica és viable, ja que no es du a terme com un pas burocràtic al final de la redacció del projecte executiu; sinó com un procés integrat en el flux general del disseny que aprofita la informació generada en altres processos (com els que s'ocupen de desplegar els aspectes arquitectònics, per exemple).

El promotor, per la seva banda, haurà de validar el disseny i quedarà complagut de verificar que els acords compromesos en la fase inicial han estat complerts. També serà el moment de demanar llicència d'obres a l'administració competent. Si qualsevol d'aquestes revisions requereix canvis en el projecte, els dissenyadors gaudiran de l'enorme flexibilitat d'un model BIM i de la seva capacitat per a transmetre els canvis efectuats a tota la documentació del projecte. Documentació que, per la seva banda, serà cada cop menys necessari imprimir, a mesura que els promotors i les administracions vagin veient els avantatges que té comptar amb els formats electrònics de publicació (que poden incloure representacions tridimensionals dels models).

· Planificació del modelat

El modelat es crearà ordenadament amb el nivell de detall previst en la fase anterior en funció del productes que es vulguin obtenir del model durant aquesta fase, sigui documentació, simulació o anàlisi. Si sorgeixen noves necessitats, és fàcil augmentar el nivell de detall dels objectes en una determinada direcció. Com que la fase de Documentació es preveurà molt més curta, es podran dur a terme les simulacions més sofisticades en aquesta, alliberant el període posterior de la càrrega de les anàlisis per al compliment de les normatives.

La qüestió més complicada serà, sens dubte, la planificació dels processos de treball multidisciplinar i multiusuari. Cal establir els protocols d'intercanvi d'informació de forma acurada que dependran en gran mesura de les eines amb que treballi cada professional i dels formats d'intercanvi escollits. El alguns casos, és podrà treballar simultàniament sobre el mateix model, però en la resta caldrà establir localitzacions i nomenclatures estables per a l'intercanvi de fitxers, així com sistemes que garanteixin l'accés de totes les parts a exportacions d'informació sempre actualitzades. En cas de grans projectes amb un gran nombre de desenvolupadors, resultarà indispensable l'ús d'aplicacions de PDM (Project Data Management) per a coordinar tant els fitxers d'intercanvi com els contenidors dels Models d'Informació.

Per aquesta raó, la interoperabilitat entre els diferents interventors és una qüestió cabdal en aquesta fase, tant pel que fa a les qüestions de disseny com tot allò que ateny a la gestió del modelat en si. En aquest sentit, la figura de ***l'Assistent BIM*** resulta de gran utilitat, doncs es tracta d'un especialista en mostrar i donar accés a la informació del BIM a terceres persones. A l'apartat 3.4.3 es parla amb més profunditat d'aquest perfil professional.

Fig. 2.65. Arquitectes, enginyers i instal·ladors avaluant una punt concret d'un edifici.

Una altra qüestió serà el grau d'integració amb el contractista i els executors de l'obra. Si ja s'han escollit, es podrà verificar si les previsions pressupostàries realitzades durant la fase de modelat conceptual han estat afinades. En cas contrari, s'hauran d'elaborar amidaments dels components del projecte per tal de fer la licitació si es que es vol adoptar un mode de contractació del tipus Disseny – Construcció.

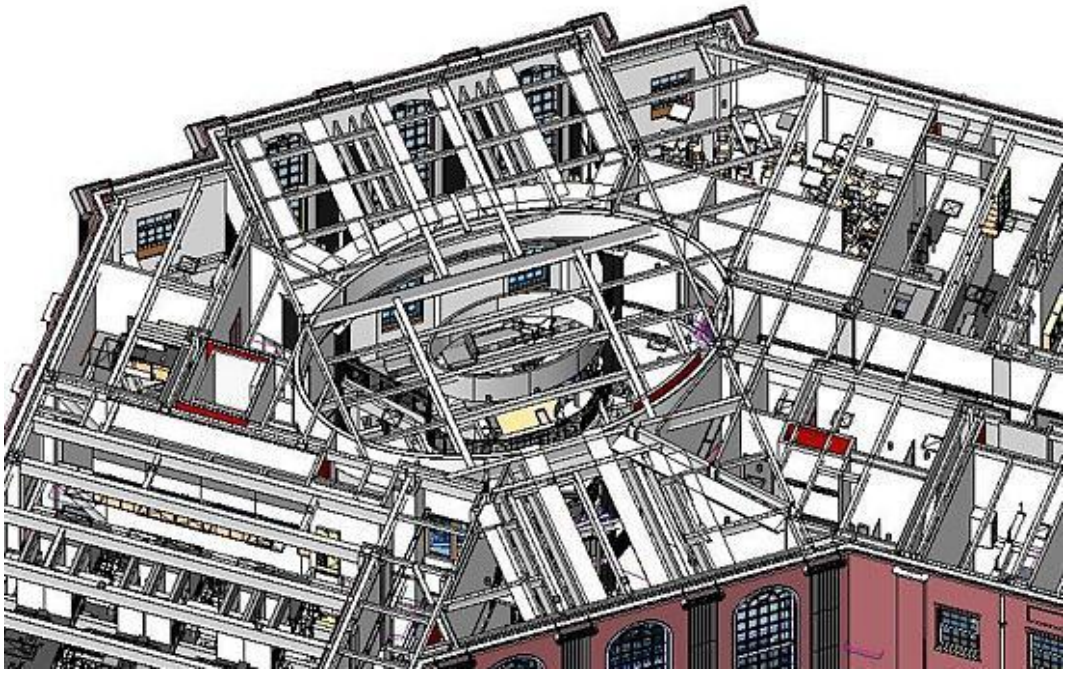


Fig. 2.66. Model BIM molt detallat. © EYP Architects

· Elaboració d'un Prototipus Digital

El Projecte Executiu tradicional sempre ha tingut la intenció d'elaborar un prototipus de l'edifici que permetés simular el que s'havia de construir. Era l'oposat a la construcció espontània, sense planificació. Aquest plantejament s'ha anat imposant a mesura que els edificis s'han anat convertint en productes complexes de pensar i construir, trobant en el projecte de disseny i en els prototipus, una manera de planificar el procés i de preveure'n els resultats. El problema sempre ha estat que la tecnologia de representació literal sobre la que es recolzen els projectes tradicionals resulta del tot insuficient per a tal missió, fent de la fase de construcció un període ple d'improvisació; per les raons que s'expliquen al principi d'aquest capítol.

En canvi, un model BIM sí que pot esdevenir un veritable ***Prototipus Digital***. Si bé encara no s'arriba al nivell dels que produeix la industria manufacturada, els models tridimensionals, amb un elevat nivell de detall i amb un elevat grau d'informació incrustada, ajuden molt a preveure el comportament de l'edifici abans de ser construït.

La tendència actual és la de definir fins a nivell de fabricació els elements constructius dels que resulta crític el muntatge (com les estructures de formigó i metàl·liques, les façanes ventilades o les baranes) i a nivell constructiu aquells elements més autònoms (com les fusteries) o que es poden deixar més en mans dels executors (com ara els tancaments d'obra, les instal·lacions, etc.). No obstant, el nivell de detall obtingut és molt més homogeni i més elevat que en els projectes elaborats amb tecnologies tradicionals. Així, tots els tancaments tindran definides les seves capes, i les instal·lacions estaran modelades tridimensionalment i les característiques de cada component, especificades (deixant potser en mans de l'instal·lador la col·locació de les brides, per exemple).

L'elaboració d'aquest model no serà un procés lineal sinó que s'anirà desenvolupant al llarg de les fases amb un nivell d'intensitat que serà proporcional al grau d'incertesa que tingui un projecte. Si es tracta d'un local d'una franquícia, per exemple, les etapes de Promoció i de Disseny (Conceptual i Detallat) seran menys intenses en relació a la de Documentació. En un projecte experimental, es posarà més èmfasi en les dues primeres fases, on la necessitat de controlar el risc serà més gran. En qualsevol cas, sempre es procurarà concentrar els esforços en les fases inicials per a aprofitar al màxim els avantatges de la Tecnologia BIM.

Les prestacions de simulació del Prototipus Digital són diverses i estan en continu desenvolupament. Es duen a terme per eines especialitzades que llegeixen formats d'intercanvi generats per les aplicacions BIM o que es connecten directament al model N'hi ha de tota mena, d'anàlisi estructural, energètic, lumínic, acústic, de ventilació, funcional, etc. La tendència és la de permetre fer simulacions en fases cada cop més primerenques per a poder avançar esdeveniments. Actualment, per exemple, existeixen eines de càlcul energètic que poden treballar amb models conceptuals i que donen informació molt valuosa que pot ser tinguda en compte en el posterior desenvolupament del projecte.

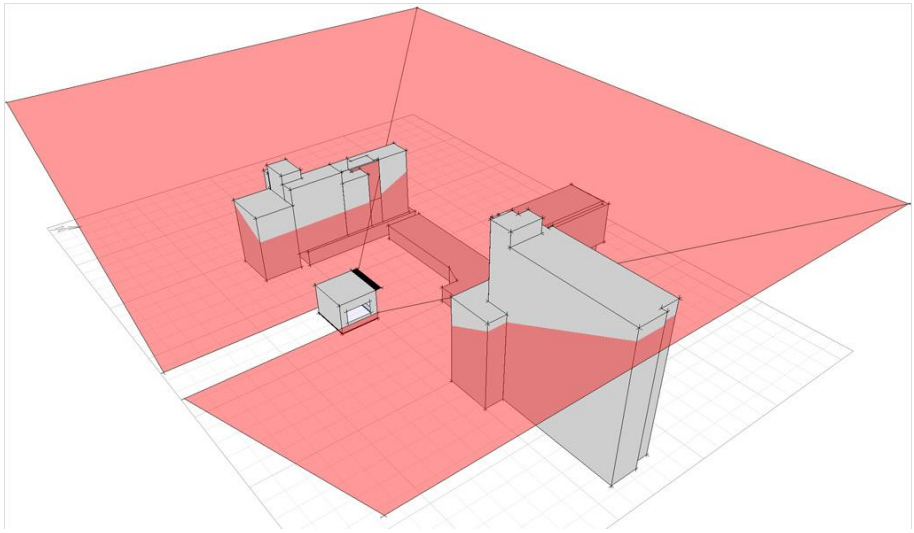


Fig. 2.67. Càlcul d'obstruccions de la vista del cel des d'una zona concreta d'un model conceptual amb Ecotect

També n'hi ha d'altres que precisen de models molt més detallats, com les eines de detecció de col·lisions entre sistemes, aquelles que comproven aspectes funcionals de l'edifici o les que serveixen per a calcular el cost final d'una obra basant-se en el còmput detallat dels elements del model.

Per altra banda, el Prototipus Digital ha de ser útil a la resta de fases que vindran a partir d'ara. S'emprarà per a la fase de licitació i també serà útil al contractista i als executors de l'obra per a planificar la construcció de l'edifici i portar el seguiment de les certificacions. En acabar l'obra, el Prototipus haurà esdevingut un Model As-build que servirà de referència per a que els usuaris hi afegeixin informació que els sigui útil per a gestionar-lo. Si aquests interventors són presents en les fases de disseny, serà més fàcil fer que el model els sigui útil en un futur.

En qualsevol cas, el model podrà desenvolupar-se sempre en la direcció que es precisi, només havent-se de preocupar d'incloure la informació necessària una sola vegada, amb la seguretat que totes les vistes del model estaran sempre actualitzades.

2.3.4 DOCUMENTACIÓ

L'objectiu d'aquesta fase és la de detallar el model fins al nivell necessari per descriure l'edifici que es vol construir amb prou detall per a que terceres persones puguin executar el projecte i obtenir el producte que estava previst. Aquesta descripció podrà anar més enllà que la entrega d'una documentació impresa (representacions literals), i emprar sistemes que permetin l'accés dinàmic a la informació del model (com ara vistes tridimensionals o visualitzadors BIM) per tal que la pèrdua del coneixement capturat pel model sigui mínima.

Per a aconseguir-ho, el nivell de detall s'incrementarà fins als nivells constructius (s'especifiquen tots els components de manera genèrica) o de fabricació (es descriu cada element de manera concreta), obtenint els ***Models Constructius*** o de ***Fabricació*** corresponents. De fet, el més habitual és que el model final sigui majoritàriament constructiu, amb determinats sectors detallats a nivell de fabricació, tal com s'ha explicat a l'apartat 2.2.6. En contraposició als

models de disseny (conceptual o detallat), l'objectiu d'aquests models es la descripció de com s'ha de construir i no la de comunicar les intencions de disseny del projectista, cosa de la que ja s'han ocupat els models anteriors.

Tal grau de definició del projecte requereix, altre cop, la intervenció dels experts en les diferents tecnologies que integra un edifici. Enginyers, tècnics i altra mena de consultors hauran de treballar conjuntament amb els arquitectes per a desenvolupar completament el prototipus. Com que ja ho han fet abans, no hi haurà grans canvis en el projecte. En cas que succeeixi algun imprevist, el Model Detallat haurà d'adaptar-se ràpidament a la nova necessitat. Altra cop s'apreciarà la capacitat d'edició paramètrica dels models BIM, que ens permetrà editar elements arquitectònics d'una manera molt més eficaç, tot automatitzant algunes interrelacions entre diferents elements arquitectònics i amb la seguretat de mantenir la coherència de tota la documentació del projecte. El mateix passa amb la col·laboració amb el contractista i els executors de l'obra. Si s'ha pogut emprar un mode de contractació col·laboratiu, aquests professionals podran assessorar a l'equip de disseny sobre la viabilitat de les solucions proposades, pel que fa al seu rendiment, cost i idoneïtat constructiva. Al cap i a la fi, són ells els que hauran d'executar les instruccions formulades en aquesta fase.

Si s'ha dut a terme una pràctica integrada durant tot el procés, l'esforç de disseny emprat en aquesta fase haurà estat molt menor comparant-lo amb les pràctiques tradicionals. Per una banda, totes les decisions importants ja hauran estat preses i, per l'altra, l'elevat grau d'automatització de la generació de la documentació de l'edifici que ofereixen les aplicacions BIM farà aquesta fase molt més eficient, tot reduint les tasques rutinàries, que en la pràctica tradicional ocupen un percentatge molt elevat del temps que es dedica al projecte.

Per tot això, aquesta fase serà un període de detallat del projecte i no pas un període on el projecte es posi en crisi contínuament a causa de les noves necessitats o les incompatibilitats que solen aparèixer quan es desenvolupa un prototipus a nivell constructiu amb tecnologies i pràctiques tradicionals.

· Obtenció de documents constructius

En la pràctica constructiva actual, es deixa molt de marge a la interpretació del muntatge dels diferents components que integren l'edifici per part dels executors de l'obra. Això estalvia molta feina als implicats en les fases de disseny, ja que no han d'especificar tot l'edifici a nivell de fabricació, cosa que sí han de fer els desenvolupadors de productes industrials. Però això també es font de malentesos i d'errors en la posada en obra, la gravetat dels quals depèn de la perícia de cada manobre o instal·lador en concret, perícia que, malauradament, va desapareixent des de principis de segle.

Per aquesta raó, la tendència és la d'aconseguir automatitzar al màxim l'elaboració de la documentació constructiva per tal d'oferir instruccions detallades als executors de l'obra. De fet, aquest ha estat sempre un dels punts forts de les aplicacions BIM aconseguint-ho aplicant les estratègies que s'expliquen en el punt 2.2.6. No obstant, les aplicacions BIM especialitzades en el disseny estructural han donat un pas més automatitzant completament la generació d'objectes amb nivell de detall de fabricació, ja que es tracta d'una informació de vital importància per a la construcció d'aquesta mena d'elements que cal comunicar amb precisió als

operaris. De fet, és una prestació de la que ja gaudien les eines de disseny estructural tradicional com Cype o Tricalc, ja que aquesta mena d'aplicacions també empra tecnologia d'objectes paramètrics.

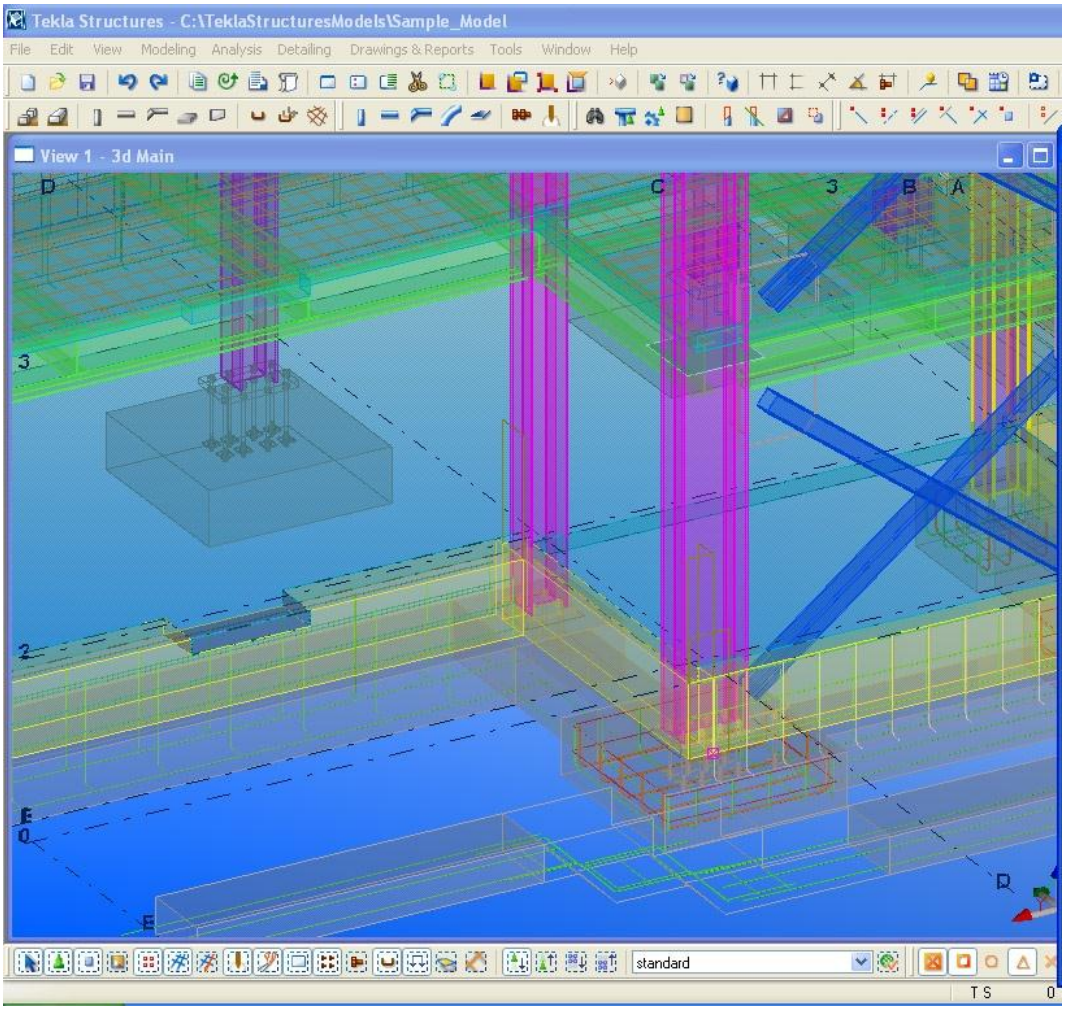


Fig. 2.68. Model de Fabricació elaborat amb Tekla Structures.

Amb la resta d'aplicacions que no poden automatitzar tal nivell de detall de manera intrínseca (però que sí arriben al nivell constructiu), l'estratègia més eficaç és la d'emprar llibreries d'elements amb un alt nivell de detall (preferentment en les seves representacions bidimensionals) o col·leccions de detalls constructius, sempre i quan es pugui assegurar que les seves especificacions seran respectats en la fase de construcció.

Aquests lliurables poden tenir diferents formats, des dels tradicionals plànols, cada vegada en major desús per les seves pobres qualitats comunicatives, fins a models tridimensionals molt detallats que es puguin emprar a l'obra i taller per a construir directament els components a través de la informació que s'hi mostra.

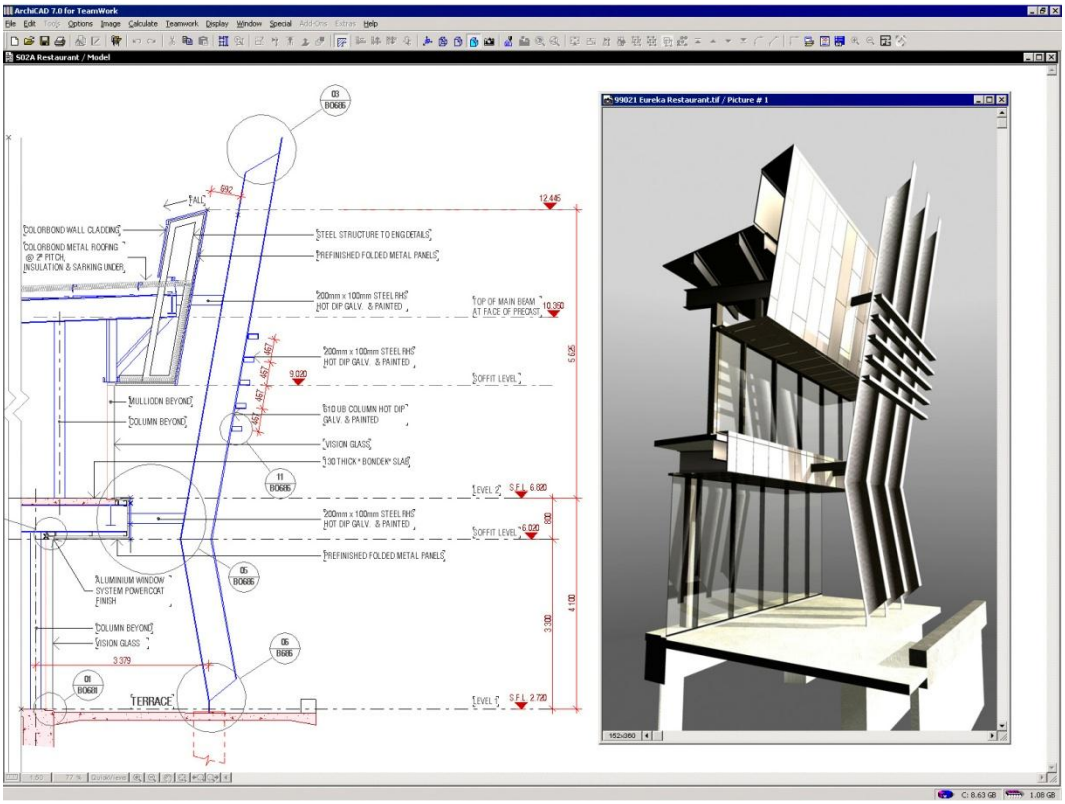


Fig. 2.69. Secció constructiva elaborada amb ArchiCAD a apartir d'una vista seccionada a la que se li ha afegit informació. Les etiquetes llegeixen atributs dels objectes tridimensionals (a la dreta en una vista fotorealística).

· Planificació del modelat

La creació del model estarà centrada en l'augment del detall de tots els seus objectes per tal que es puguin elaborar els lliurables necessaris per a la construcció del model i per a la validació del prototipus per part del promotor i l'administració. En aquesta fase doncs, serà molt important la gestió de les tasques d'homogeneïtzació del nivell de detall i la gestió dels detalls constructius.

Els resultats de les anàlisis efectuades al model també hauran de ser publicitats i això requerirà una planificació específica de tots els sistemes per tal de coordinar-los. Aspectes com la racionalització dels formats de lliurament i la seva maquetació prendran rellevància. Afortunadament, les aplicacions de publicació portable estan adquirint un elevat nivell de competència en aquest camp.

També seran importants els processo de vinculació amb els models d'amidaments i pressupostos, que permetran dur a terme la fase de licitació en el seu grau màxim de precisió i serviran de base per al model que emprarà el contractista per a gestionar l'obra.

2.3.5 LICITACIÓ I LEGALITZACIÓ

En aquesta fase s'escullen els executors de l'obra en funció de la seves qualitats i dels preus que demanen per a construir els diferents components de l'edifici. Si el Contractista no estava

integrat en l'equip de disseny, serà el que faci una oferta segons les seves possibilitats de subcontractació. Tot i que actualment es du a terme al final de la fase de Documentació, els modes contractuals més integradors aconsellen realitzar-la després de la etapa de Disseny Detallat (quan es té quasi tota la informació desenvolupada) i es poden realitzar uns amidaments molt acurats o, fins i tot, després de la fase de Disseny Conceptual, si es coneixen els sistemes que s'empraran i es té confiança en els executors. En el primer cas, aconseguirem integrar-los en la fase de prototivació, de tal manera que el model elaborat serà molt fidel a la realitat i, sobretot, molt útil als qui més l'han d'utilitzar. En el segon, cas s'aconsegueix una integració complerta dels processos de disseny i de construcció, poden desenvolupant-se alguns processos en paral·lel (és el cas del la construcció d'habitatges prefabricats de fusta, per exemple). L'objectiu comú és aconseguir el que s'anomena Disseny per a la Construcció, que permet que els processos de disseny i construcció es coordinin per a que, per exemple, es puguin començar a construir parts de l'edifici a mesura que estiguin definides, fent tot el procés més eficaç. Només es tracta que el contractista vagi pactant preus de partides d'obra de l'edifici amb els diferents executors a mesura que quedin suficientment definides i que incorpori aquesta informació als models de disseny per a anar controlant el seu cost real. Per aquesta raó, resulta essencial que el contractista estigui associat amb l'equip de disseny. Actualment, es calcula que un 40% de la construcció nord-americana es contracta amb aquesta fórmula (Eastman, et al., 2008).

El ***Model de Licitació*** que es precisa per a aquesta fase s'ha estat desenvolupant paral·lelament als Models Conceptuals, de Disseny i Constructius, sovint integrat parcial o totalment en ells i segons en quins sistemes, elaborat per separat de manera coordinada. En les fases anteriors, s'ha anat emprant per a simular els aspectes temporals de l'execució de l'obra (quarta dimensió) i els econòmics (cinquena dimensió). En principi, tots els implicats en la construcció de l'edifici ja han estat contractats en les fases anteriors, però en aquesta es possibilita la contractació d'aquells recursos que no hagin estat licitats anteriorment.

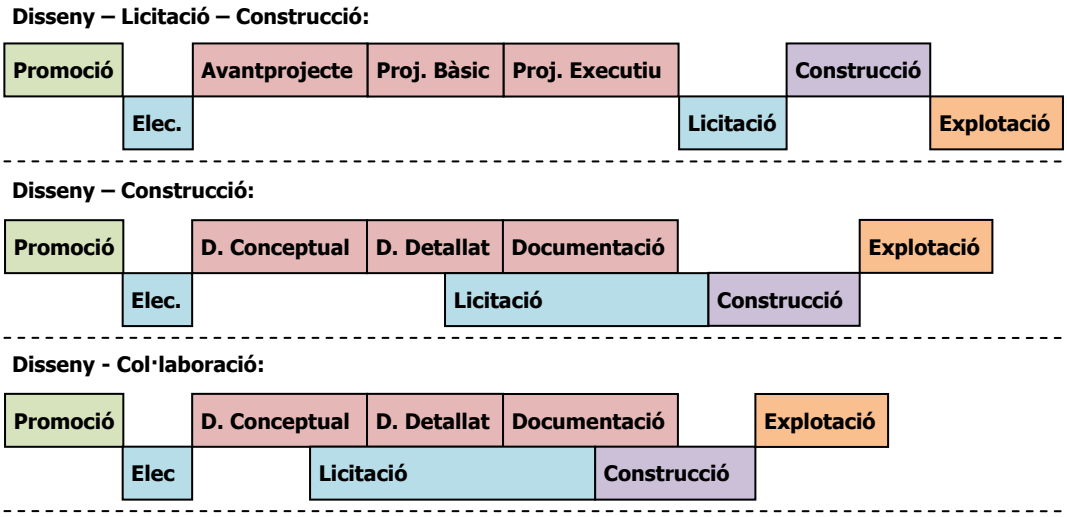


Fig. 2.70. Els modes de contractació integrats permeten avançar la fase de construcció tot solapant-la a la fase de disseny detallat i, fins i tot a la de disseny conceptual.

El model no només establirà correspondències entre els elements arquitectònics i partides d'amidaments, sinó que podrà contenir vincles a tota la informació necessària, com ara plecs de

condicions o normatives a través de l'inclusió en cada element d'una clau que hi apunti. Aquest vincle serà llegit desprès per una aplicació especialitzada que servirà per a compondre els lliurables necessaris que, altre cop, estan tendint a emprar sistemes més comunicatius que els clàssics documents d'amidaments i pressupostos. De fet, la AIA i la Associated of General Contractors of America estan elaborant guies per a implementar els contractes basats en models BIM.

Tampoc no s'ha de desestimar l'oportunitat que aquests models incorporin informació 4D relativa a les fases constructives. Aquestes dades poden haver o no vingut del prototipus, però el contractista haurà d'emprar-les ara per a poder comprometre's en unes dates d'execució. El factor temps és vital per a totes les parts, ja que el promotor estarà pagant interessos mentre no vengui l'edifici, la resta de professionals restaran ocupats mentre duri l'obra i els usuaris no en podran gaudir fins que tot estigui a punt. Per altra banda, la instal·lació ordenada de tots els components de l'edifici optimitzarà els processos constructius, evitant tasques repetitives o contraproduents. Com sempre, una correcta planificació estalvia diners a tothom.

De tota manera, encara que s'esculli un mode de contractació tradicional Disseny- Licitació - Construcció, i es passi a aquesta fase després de la documentació es gaudirà d'una precisió en els amidaments molt més acurada i controlable, ja que provindrà directament del model (és l'anomenada cinquena dimensió o 5D). Com que el Prototipus estarà completament desenvolupat i els executors (i el contractista, si és el cas) coneixeran el projecte, els mecanismes d'intercanvi d'informació en aquest àmbit seran rellevants. És possible que els nouvinguts desitgin elaborar els seus propis models de licitació, amb la qual cosa agrairan que el model ofert per l'equip de disseny estigui estructurat en direcció a facilitar aquest intercanvi.

En qualsevol cas, serà necessari un canal de comunicació de múltiples vies que permeti resoldre qualsevol dubte que tingui qualsevol dels executors de l'obra. Els sistemes basats en tecnologia Web seran els més adient, ja que permeten que un sol usuari atengui a múltiples peticions i que la seva resposta quedi enregistrada.

Quan tot el procés de licitació hagi finalitzar i el promotor la validi, el projecte tindrà un cost i un calendari pactats per a la seva execució i podrà començar la Fase d'Execució.

· Legalització

En aquest període d'espera, s'aprofitarà per a realitzar tots els tràmits administratius i la contractació de les assegurances, com ja es fa en a pràctica tradicional. La diferència està en el fet que, atès que la informació en relació al projecte és ja molt precisa, al final de la fase de disseny detallat, s'obre la possibilitat que algun dels tràmits es puguin realitzar abans. Per exemple, la demostració de l'acompliment de la normativa d'estalvi energètic es podria resoldre al final de la fase de disseny conceptual, així com molts altres aspectes burocràtics. Això contribuiria a reduir els temps que passa entre que s'acaba el projecte i es comença la construcció de l'edifici.

Els ***Models de Legalització*** dels que estem parlant guarden molta relació amb els de licitació, ja que les dades sobre les normatives que hauran de complir els seus elements serviran per a que els licitadors n'especifiquin el preu.

· **Planificació del modelat**

Les tasques de modelat de la informació es centraran en assegurar que tota la documentació lliurada i els arxius d'intercanvi continguin tota la definició del projectes, en quan a totes les seves especificacions, especialment aquelles que s'hagin considerat com crítiques en col·laboració amb el promotor. És de vital importància establir i realitzar protocols de comprovació per assegurar-ne la fiabilitat de les descripcions i la no omissió de cap detall, ja que el producte final d'aquesta fase tindrà valor contractual i serà, almenys pel moment, el veritable dipositari del projecte.

Per a la planificació 4D caldrà executar una temporització de tots els processos i assignar-lo als objectes. Actualment hi ha diverses aplicacions per a fer-ho, com Innovaya Visual Estimating

Fig. 2.71. Espai de treball d'Innovaya Visual Estimating on es vinculen elements del model amb partides i bases de preus.

2.3.6 EXECUCIÓ

La Fase d'Execució o Construcció que tradicionalment ha estat plena d'incertesa al no poder disposar de prou informació de com i què s'ha de construir i al no disposar tampoc de simulacions fiables del què passarà quan es finalitzi l'obra. Amb la Pràctica Integrada, això canvia gràcies a l'elaboració del Prototipus Digital, que actualment es un ***Model d'Execució***, i al fet que els professionals que participen en aquesta fase també han estat presents quan es dissenyava el producte. Això evita els malentesos i assegura que promotors, dissenyadors i constructors treballin amb interessos compatibles.

Els beneficis obtinguts en les fases anteriors es poden extrapolar aquí. Les simulacions i la fidelitat de la informació faran que el grau d'improvisació sigui molt menor. Per altra banda, els processos constructius i els materials a emprar estaran molt més detallats, podent preveure l'odre de col·locació i la quantitat necessària de tots els components de l'edifici. Precisament aquest camp és un dels temes de recerca i desenvolupament que tindran ocupats un bon nombre de professionals en els pròxims anys, ja que s'està demostrant que una detallada planificació dels processos constructius en tots els seus aspectes aconsegueix estalviar diners, temps i sobretot, residus (un tema molt en boga últimament).

La construcció es un procés més eficient que requereix un menor consum energètic i de materials alhora que produeix menys residus. De retruc, hi ha moltes possibilitats de que es pugui finalitzar en el temps acordat i amb el cost previst.

Al acabar l'obra, es valida la construcció per a totes les parts i s'entrega al promotor. S'aplicaran llavors a totes les parts els incentius o penalitzacions acordades en funció del grau d'acompliment dels requisits establerts a la primera fase. Es tracta d'un mecanisme objectiu que té la Pràctica Integrada d'assegurar la bona praxis dels interventors, ja que, si bé els beneficis de la col·laboració entre les parts es demostren per sí soles, calen recursos com aquests per a estimular-la.

· Planificació del modelat

El modelat de l'edifici en sí ja estaria elaborat prèviament a aquesta fase. El que caldria és el perfeccionament del model de planificació de l'execució de l'obra que permetés controlar tots els processos que s'han de dur a terme, tant pel que fa a la seva temporalització com a la certificació de les fases que es vagin completant.

El contractista, doncs, haurà d'afrontar una gran tasca coordinant tots els executors, per la qual cosa és molt recomanable que estigui associat amb els dissenyadors, que el poden assistir en la definició de les tasques que s'han de fer a mesura que avança el projecte. D'aquesta manera, l'obra es podrà començar sense endarreriments.

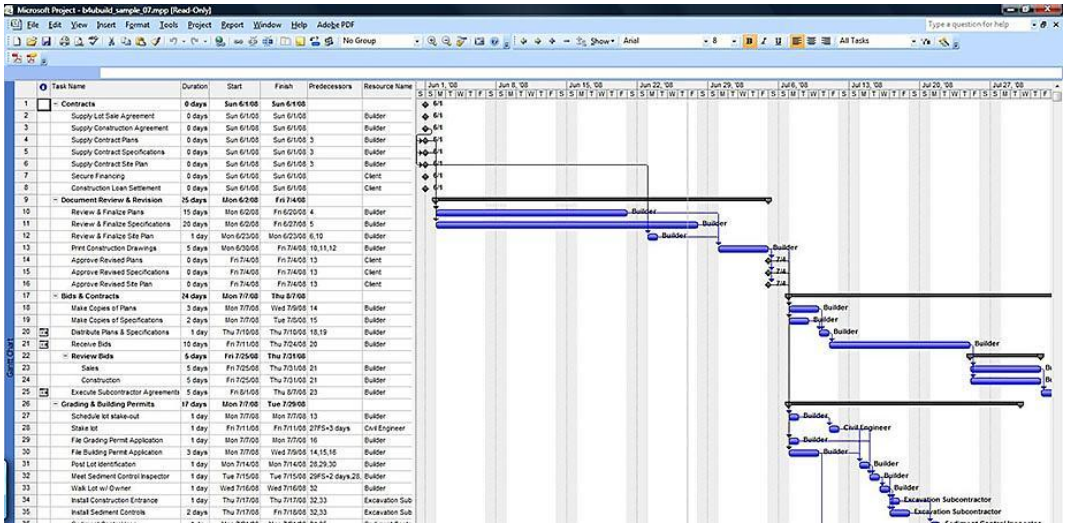


Fig. 2.72. Diagrama de Gantt d'una obra qualsevol.

Per altra banda, caldrà procurar que el model d'Execució reflecteixi en cada moment l'estat final de l'obra, per tal de poder-lo entregar als futurs usuaris com a recurs principal per a la gestió de la futura explotació de l'immoble. Els dissenyadors també hi podran incloure les instruccions per al seu ús i manteniment.

2.3.7 EXPLOTACIÓ

L'edifici, ara ja construït i operatiu, passa a mans dels usuaris, que necessitaran gestionar la seva explotació. Afortunadament, compten de bon principi amb un model digital que reflecteix amb fidelitat l'estat actual de l'immoble i que conté informació de com cal mantenir-lo. Es tracta del ***Model d'Explotació***. Un sol fitxer de Revit o ArchiCAD, per exemple, pot contenir quasi tota la informació de l'edifici i conjunts de vistes preparades per a usuaris sense experiència en el modelat tridimensional les emprin. En un estadi més avançat del desplegament de la Tecnologia BIM, els propis usuaris podran incloure dades pròpies (coneguda com a sexta dimensió) en el propi model o emprant aplicacions més senzilles i especialitzades que el puguin importar.

Actualment ja existeixen eines per a la gestió dels immobles, com ara Autodesk FMDesktop, que solen cobrir les següents necessitats:

- Gestió dels espais i dels recursos en ells continguts
- Gestió del manteniment de l'edifici.
- Gestió dels usos
- Gestió de les emergències
- Gestió de la propietat; lloguer, compravenda, etc.

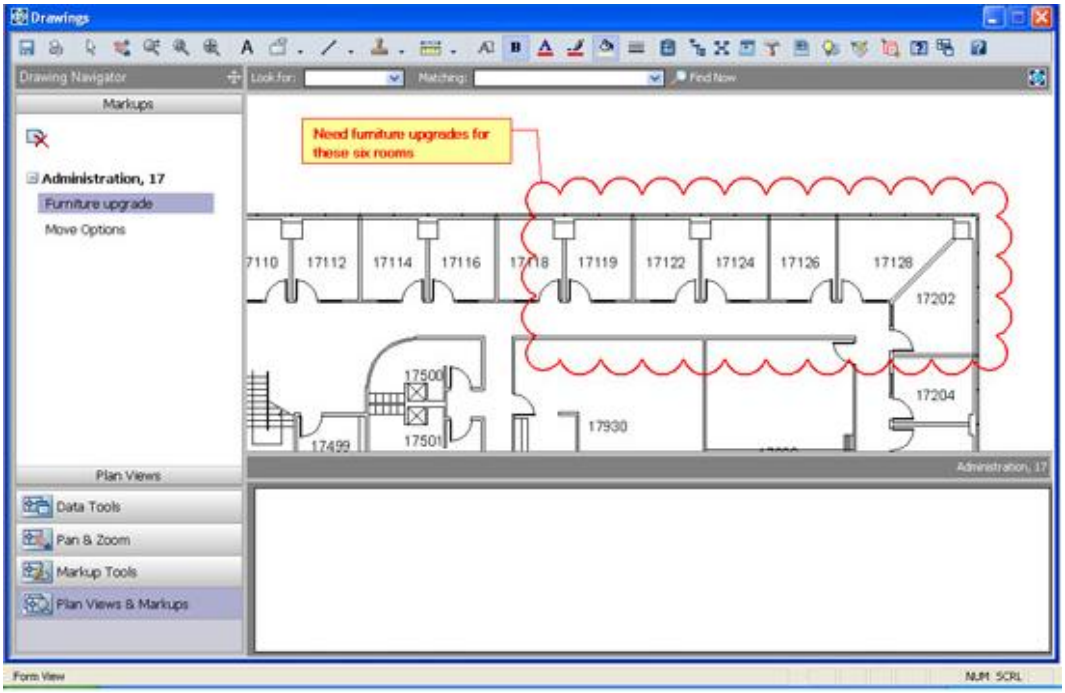


Fig. 2.73. Imatge d'Autodesk FMDesktop on s'assigna una nota a uns espais determinats d'unes oficines.

· **Planificació del modelat**

Com sempre, es tracta d'incloure la informació en funció de les prestacions que se li demanaran al model. Segons nivell de sofisticació de les anàlisis a desenvolupar, els usuaris hauran d'estar més o menys formats en l'ús d'eines específiques De la mateixa manera que qui compra una càmera de vídeo ha d'aprendre com funciona si vol aprofitar-ne totes les prestacions, el mateix passa amb un edifici. Podrà limitar-se a emprar-lo en les seves funcionalitats bàsiques o optar per a aprofitar el que la Tecnologia BIM li pot oferir.

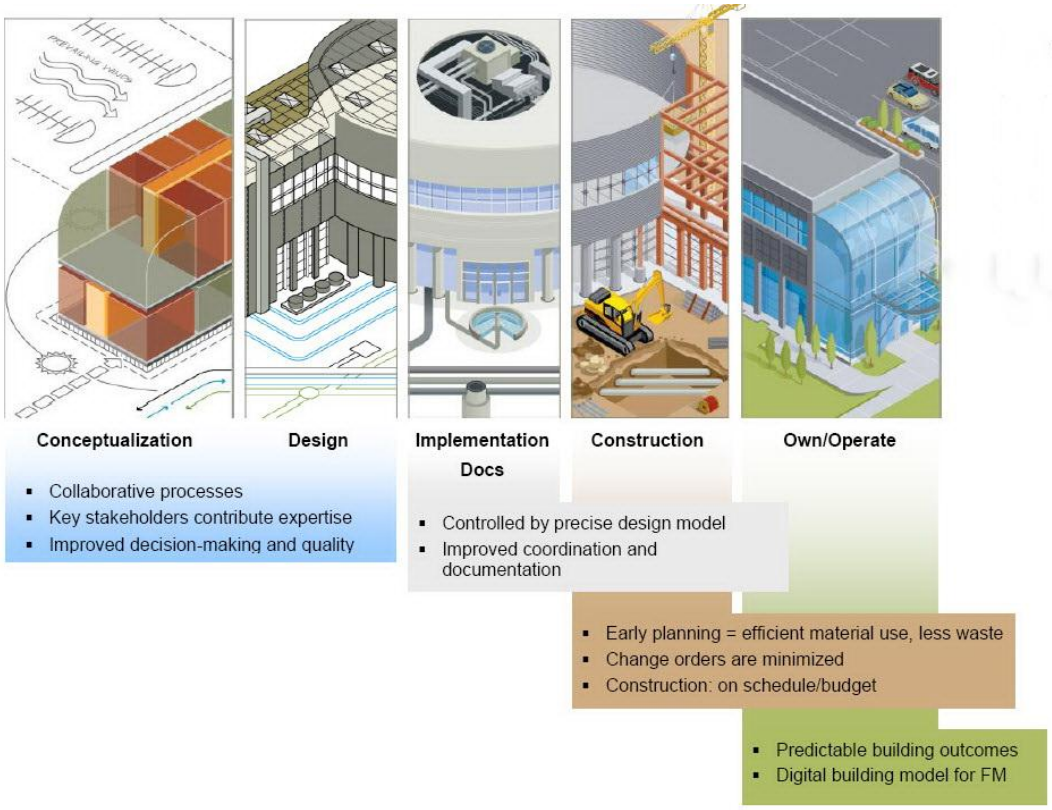


Fig. 2.74. Les cinc fases principals del cicle de vida d'un edifici segons Autodesk en un document publicat al gener del 2009.

2.3.8 RECICLATGE

El cicle de vida d'un edifici s'acaba quan s'enderroca o quan, més sovint, es reforma. Tant en un cas com en un altre, el cicle es tanca, ja que cal formular un nou projecte per a gestionar l'operació d'eliminació de l'immoble (total o parcialment) i planificar la pròxima operació.

A aquesta fase s'hi arriba quan els usuaris o l'administració decideixen que l'edifici resulta incompetent i que cal canviar substancialment les seves característiques físiques per a donar-li un nou ús. Per a fer-ho, cal elaborar un ***Model d'Estat Actual*** que serveixi de referència al Promotor per a començar el cicle. En aquest sentit, cal recordar que hi ha aplicacions BIM, com Autodesk Revit, que es prenen molt seriosament la cohabitació de moments temporals diferents en un mateix model, per tal de poder simular els estadis per als què passa un edifici que es reforma (estat actual, enderrocs, estat reformat) i així coordinar les operacions a través del temps, cosa que, per altra banda, sempre cal fer quan hi ha moviment de terres.

2.3.9 CONCLUSIONS

L'aplicació de la Tecnologia BIM a la Pràctica Integrada és un dels temes del dia en la premsa especialitzada. Curiosament però, aquesta tecnologia informàtica i aquesta filosofia de treball porten desenvolupant-se des de fa molts anys de manera aparentment paral·lela. Ja sabem que arrosseguen una llarga història, però també cal fer notar que la idea d'integrar el contractista en un equip de disseny multidisciplinar, així com procurar que tots els implicats tinguin accés a una informació coordinada i fiable, no té res de nou.

Les que sí que no són noves són les possibilitats reals que té la Tecnologia BIM d'oferir les eines adequades per a que la Pràctica Integrada al llarg de tot el cicle de vida de l'edifici sigui una realitat. La simbiosis entre les dues sembla perfecta, ja que mentre l'un dona els mitjans a l'altre, l'altra estableix uns objectius que van més enllà de les necessitats de cada disciplina.

No obstant, encara hi ha esculls a superar. Per una banda tenim els humans; canviar la forma de treballar de les persones no sembla fàcil, però també es cert que els beneficis de la Pràctica Integrada són tangibles des del primer moment i per a totes les parts, fet que convida a pensar que, a la pràctica, resulta més senzill i natural del que sembla. Per altra banda, tenim els tecnològics; el treball multidisciplinar i multiusuari amb informació coordinada planteja nombroses dificultats, que per altra banda, s'estan solucionant a gran velocitat. Personalment, en només tres anys he pogut veure com molts dels temes per resoldre que hi havia a l'inici de la meva recerca han estat superats al finalitzar-la. El millor de les TIC és que quan hom implementa una solució per a un problema determinat, la productivitat d'aquell àmbit s'incrementa enormement, canviant les regles del joc.

Una altra qüestió que no cal oblidar és que, com sempre, cal que les institucions s'impliquin. De fet, en els països on la Pràctica Integrada i el BIM estan més implantats és on l'administració està recolzant-ne més l'ús. De poc serveix que els processos de disseny i construcció d'un edifici estiguin molt integrats, si tot retrocedeix al segle passat quan li toca moure fitxa a l'administració (en qualsevol de les seves competències: legislatives, jurídiques, educatives, etc.)

Capítol 3.
BIM PER AL DISENY ARQUITECTÒNIC

3.1 DIBUIXAR, PARAMETRITZAR, OBJETIVAR

El disseny a través del modelat de la informació comporta un canvi radical en les eines que ha emprat l'Arquitecte durant segles. L'abandonament de les tècniques de representació literal en benefici d'unes altres que manipulen els models a través d'uns nous mecanismes fa que sigui necessari un canvi de mentalitat en els dissenyadors que els permeti traduir les seves idees en els termes necessaris per a emprar-los. Afortunadament, les actuals eines de disseny basades en el modelat d'objectes solen ser més intuïtives d'emprar que les literals un cop s'assumeixen els seus principis.

És precís, doncs, entendre l'evolució que cal fer des de les eines de representació literal a les eines de tractament d'objectes. Es tracta d'una qüestió instrumental i conceptual que s'ha de superar si es vol implementar amb èxit la Tecnologia BIM. En aquest capítol es parla de com s'aplica la Tecnologia BIM al disseny arquitectònic i quines conseqüències té; des dels aspectes més filosòfics i conceptuals fins als més tècnics i instrumentals.

3.1.1 DE LA REPRESENTACIÓ LITERAL A LA PARAMÈTRICA

Des del moment en que es van començar a dissenyar edificis, l'arquitecte (o el seu equivalent de l'època) els pensava des d'un punt de vista global, o almenys així ho intentava. Per a fer-ho, emprava representacions que evocaven diversos aspectes de la seva idea arquitectònica. Aquestes representacions podien ser gràfiques (dibuixos manuals) o físiques (maquetes). Amb el temps, les tècniques emprades van anar evolucionant tot cercant augmentar el rigor, fiabilitat i eficiència d'aquestes.

Amb l'arribada de la informàtica i els primers programes de CAD, es va produir una revolució en la tecnologia de la representació bidimensional gràcies a l'elevat grau de precisió i automatització que permetien en relació a les tècniques manuals. De fet, podríem dir que va ser el moment en que la revolució industrial va arribar a la producció gràfica. Sense entrar en la conveniència o no de menystenir el dibuix manual com a eina de disseny, cal reconèixer que les aportacions del CAD al món gràfic vinculat a l'arquitectura són ja imprescindibles, almenys en el camp de la generació de documentació amb un mínim grau d'elaboració. Quan el CAD va evolucionar prou com per a generar representacions tridimensionals, es va produir un efecte similar, relegant l'ús de maquetes als contextos on eres imprescindibles per les seves propietats d'emulació física de l'espai.

Però, a pesar d'aquesta aparent revolució, els arquitectes que treballen amb les aplicacions de CAD bidimensionals ho fan essencialment de la mateixa manera que els seus avantpassats. Empren eines que automatitzen la representació del model, però que segueixen dibuixant rectes, cercles o trames que només reconstrueixen allò que evoquen quan són interpretades pel lector. Per altra banda, aquests dibuixos segueixen sense guardar intrínsecament cap relació entre ells, es refereixen a un mateix ens arquitectònic, però poden ser perfectament incoherents amb ell. Per això s'inverteix molt de temps en reduir els errors de coherència entre les representacions d'un mateix model, procurant, per exemple, que els alçats i les seccions no contradiguin les plantes. Això fa que els arquitectes prescindeixin de la precisió en la creació dels seus models d'edifici per tal d'agilitzar les primeres fases de disseny, cosa que genera

incoherències que resulten difícils de detectar i acaben esdevenint errors que romanen en el la documentació, duent finalment a deficiències en el disseny executat.

Amb els primers programes de CAD tridimensional es produeix una evolució equivalent a l'anterior però en el terreny de les representacions volumètriques del projecte. La maqueta de fusta o cartró passa a ser digital, però la seva funció continua sent pràcticament la mateixa. De fet, es construeixen de manera similar, modelant-les peça a peça.

No obstant, a part de les aportacions d'aquestes representacions en el terreny de la simulació visual, les representacions tridimensionals digitals esdevenen de gran ajuda a l'hora d'auditar la coherència formal del disseny i la compatibilitat espacial dels seus components. Per altra banda, les representacions bidimensionals que se'n puguin treure també seran coherents, ja que provindran d'un mateix model. La limitació d'aquest recurs és que sembla demostrat que no es pot desenvolupar el disseny d'un edifici emprant únicament representacions literals tridimensionals, ja que resulten inadequades per la moltes de les anàlisis que es precisen en l'activitat de projectar. Per exemple, per estudiar la composició d'una façana, sovint desitgem treballar únicament amb la seva projecció bidimensional de tal manera que la informació visualitzada sigui la justa i el pla de treball únic. Per altra banda, per tal de garantir la seva expressivitat, necessitem controlar el seu grafisme i recórrer a simplificacions o simbolismes que no són transcripcions literals d'un model tridimensional.

Tot això fa que els usuaris d'eines de CAD literal treballin simultàniament amb diverses representacions bidimensionals, tridimensionals i alfanumèriques. Les primeres, els serveixen per a treballar la majoria d'aspectes, les segones, per a comprovar el seu efecte volumètric i controlar-ne la compatibilitat i les terceres, per a estudiar aspectes no formals com ara els costos o els usos. Les representacions s'agrupen formant models especialitzats en el desenvolupament de determinats aspectes del projecte. Com que no estan interconnectades, qualsevol canvi en cada model cal que sigui transmès manualment a totes les representacions que el componen i a la resta, ubicades en altres models. Òbviament, això no només comporta un alt risc de cometre errors, sinó que també resulta una manera de treballar molt poc eficient, ja que cal modelar-les una a una, podent aprofitar molt poc de cadascuna d'elles per a la crear-ne de noves.

En el camp del disseny industrial, fa temps que es van adonar d'aquesta problemàtica i varen començar a desenvolupar un tipus d'aplicacions que permetien treballar amb models tridimensionals a través de tota mena de visualitzacions simplificades, ja sigui del tipus dièdric, tridimensional, en forma de llistat, o qualsevol altre mena de vista que servis per controlar el model des d'una òptica concreta. Com que totes elles provenien directament del model, estaven sempre actualitzades. Però la clau estava en que l'usuari pot editar el model a través de qualsevol d'elles.

Per a que això sigui possible, el software ha de gestionar les representacions per sí mateix, deixant en mans de l'usuari únicament la configuració de les seves característiques. Per a l'arquitecte que empra CAD literal, això només passa quan modela representacions tridimensionals, ja que sol aprofitar el producte gràfic que se n'extreu de manera automatitzada (perspectives, representacions fotorrealístiques, etc). En canvi, la resta de vistes bidimensionals

solen ser elaborades conscienciosament de manera manual posant un gran interès en el grafisme. Interès, per cert, que es va perdent per qüestions de productivitat.

Per altra banda, per a que l'edició dels objectes pugui fer-se a través d'una interface que els conceptualitza, cal definir quines són les característiques essencials que els defineixen. Es a dir, cal parametritzar-los. Una piràmide regular, per exemple, pot escriure's pels següents valors: nombre de les arestes de la base, longitud d'aquestes i alçaria de la piràmide. Un cop establertes aquestes condicions, podem crear una interface gràfica que permeti arrossegar dinàmicament el seu vèrtex o una d'alfanumèrica que mostri un llistat d'aquests paràmetres en un menú desplegable. En qualsevol dels casos, estem modificant els paràmetres que defineixen l'objecte i, de retruc, el seu aspecte físic. Però també es pot anar més enllà incloent altre mena de paràmetres no dimensionals, com ara el color, el material i el seu pes, el nom, etc. L'objecte que es modela esdevé, així, molt més complet que el creat que s'accedeix directament a les seves característiques. El dissenyador industrial fa anys que ja no modela representacions literals, sinó que modela la informació de l'objecte en sí mateix cobrint-ne el màxim de facetes. En canvi, l'arquitecte inverteix molt de temps representant-lo mitjançant múltiples models per tal de poder-ne controlar el coneixement que en té.

Un cop s'aconsegueix parametritzar un objecte, també es pot provar de parametritzar la relació que té aquest amb la resta. Això s'aconsegueix relacionant uns paràmetres amb d'altres. Per exemple, el diàmetre interior d'un rodament serà igual al de l'eix que el travessa. D'aquesta manera, no només s'automatitza la transmissió de les influències que tenen els objectes entre sí, sinó que es possibilita el seu disseny en relació a la resta. Així, cada component és creat en funció del que el defineix vers ell mateix i vers la resta, aconseguint un disseny molt més receptiu a futures modificacions.

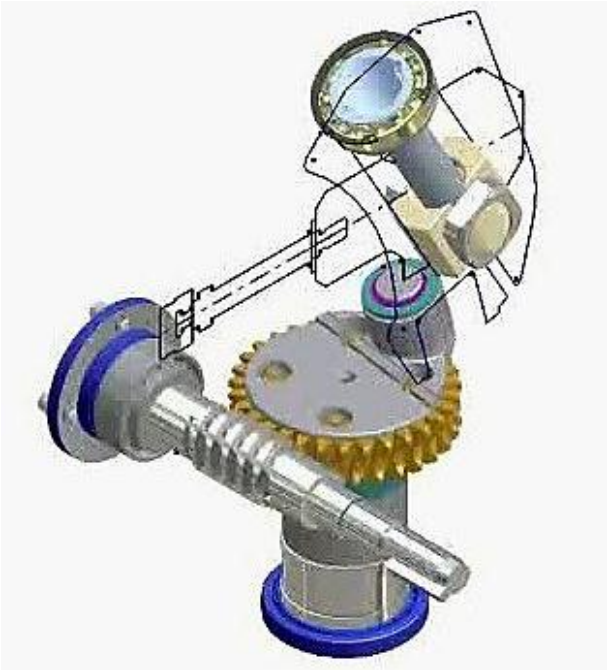


Fig. 3.1. Model tridimensional paramètric amb alguns components representants com a bidimensionals. Per altra banda, els mecanismes d'aquest model es poden accionar per comprovar-ne el funcionament. Autodesk Inventor.

Per a que tots aquesta paràmetres pugin interactuar, cal tractar el model paramètric com una base de dades unificada que estigui estructurada i optimitzada per fer possible aquestes interrelacions.

3.1.2 EL DIBUIX MANUAL VERSUS EL CAD LITERAL

Des de l'aparició de les primeres eines de CAD, hi ha hagut la discussió sobre la idoneïtat d'aquestes aplicacions com a eina de disseny, ja que es suposava que limitaven la creativitat del dissenyador al coartar l'expressivitat i immediatesa del seu dibuix. Això era força cert en els primes anys, doncs les eines digitals eren molt rudimentàries. Però malgrat això, aviat van ser imprescindibles per a executar tota la documentació tècnica.

Un cop superades les dificultats inicials, han anat evolucionant fent-se més àgils tot incorporant prestacions que emulen el dibuix manual, inclús en el modelat tridimensional. Gràcies a aquestes millores, molts professionals han començat a prescindir dels mitjans manuals de manera natural, tot emprant les eines digitals de forma quasi exclusiva. Actualment, aquesta manera de treballar es pot trobar en qualsevol despatx d'arquitectura i es veu realçada per a una nova generació d'eines de modelat intuïtiu; com el popular Sketch-up.

Això ha esta possible perquè hi ha hagut una evolució cultural paral·lela al desenvolupament de les aplicacions de CAD. Per exemple, si al principi la falta d'escala de les visualitzacions ofertes per el CAD era un problema per als arquitectes acostumats a treballar amb plànols dibuixats a mà, més tard es convertí en una virtut quan van aprendre a llegir els espais en relació a altres elements del model. El mateix va passar amb la precisió numèrica de les eines de CAD. Superada la feixuguesa inicial, aviat es va aprendre a dibuixar despreocupadament, costum que, curiosament, actualment fa més mal que bé.

En els últims anys, però, ha aparegut una sèrie d'eines que donen una volta de rosca més, permetent un ús del ratolí que aprofita les seves pròpies qualitats dinàmiques i gaudint alhora d'unes qualitats expressives molt elevades (que fins i tot emulen el dibuix manual). Això ha estès encara més la implantació del CAD, arribant a usuaris amb menor qualificació tècnica.

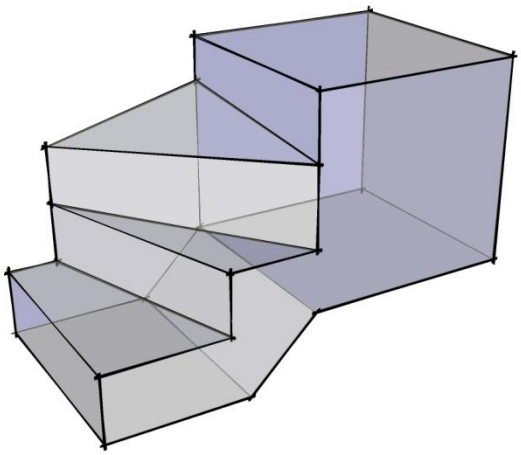


Fig. 3.2. Model generat amb @Last Sketch-Up sense introduir ni un sol valor numèric i amb aparença de dibuix manual

El que es busca és fer tan senzill el modelat i la seva visualització personalitzada, que tots els esforços es puguin concentrar en el procés creatiu. El cert és que actualment no cal saber dibuixar per a gaudir de representacions suggerents que ens ajudin a pensar en l'objecte que dissenyem, ni tampoc dominar eines excessivament tècniques ja que podem treballar amb models construïts de manera molt mal·leable. La tendència és que, en comptes d'introduir dades precises per teclat, els objectes s'editin a ull (amb l'ajuda o no de referències numèriques) en tots els seus aspectes, sense haver-hi de possar massa cura. El curiós és veure com la coherència matemàtica del model es segueix conservant, però sota un a aparença analògica. L'objectiu és reforçar la idea de que el que estem creant no és la representació d'un producte acabat sinó un objecte en procés d'evolució.

Fig. 3.3. Vista pintada directament sobre un modelat tridimensional tot emprant la seva geometria. Informatix Piranesi.

Per tant, les aplicacions CAD ja poden assolir el grau d'immediatesa i d'abstracció del dibuix manual a mà alçada, doncs la interacció entre la representació y el que representa es dóna en els seus mateixos termes. A més tenen l'important avantatge que els seus models poden ser aprofitats com a base per als futurs desenvolupaments, ja que són importables des d'eines més analítiques com les paramètriques o les BIM. No obstant, el dibuix a mà alçada com a eina de comunicació in-situ encara manté la seva vigència, ja que un dibuix manual explicat en el moment necessari pot resultar indispensable. També és imprescindible quan no hi ha un equip informàtic a l'abast, com ara a peu d'obra. Ara bé, tot és una qüestió de temps, no gaire, que els actuals TinyPC's (ordenadors portàtils de 7 a 10") amb pantalla tàctil siguin prou potents com per fer anar aquesta mena de software a qualsevol lloc.

3.1.3 EL CAD LITERAL VERSUS EL CAD PARAMÈTRIC

Les eines de CAD literal, per molt sofisticades que siguin, només serveixen per modelar determinats tipus de representacions de l'objecte que s'està dissenyant. Les eines de delineació bidimensional elaboren representacions planes, mentre que les de modelat tridimensional permeten crear representacions tridimensionals, però cap d'elles permet estudiar aspectes que no estiguin literalment reflectits en la representació que es crea. El model doncs, queda definit unilateralment per les seves representacions, que el van construint a mesura que s'elaboren.

Per això, la complexitat dels objectes que sovint es dissenyen i la multitud de condicionants que han de complir fan que el nombre de representacions necessàries es multipliqui per tal de facilitar eines d'anàlisi suficients. Per altra banda, el grau de complexitat abastable és limitat, ja que el dissenyador només podrà crear models que sigui capaç de representar amb les seves pròpies capacitats intel·lectuals. Per això, les eines de CAD literal tridimensionals han anat incorporant funcions que permeten modelar algunes parts valent-se d'automatismes que generen formes més complexes tot definint les primitives generadores i els paràmetres que controlen el seu comportament. Més tard, algunes han ofert sistemes d'edició basats en l'equiparació de geometries a models estructurals molt simplificats de manera que editant-los, s'alteri el model de manera anàloga. En són exemples els models basats en ossos i articulacions de les eines de modelat de personatges o els modes d'edició per gàbies o *gyzmos* d'aplicacions com Rhino, Maya o 3DStudioMax. Aquest sistema d'edició permet abordar el problema simplificant les accions d'edició, tot acostant-se més al pensament del dissenyador. Òbviament, degut a que l'aplicació farà la feina bruta, no és possible un control total del resultat.

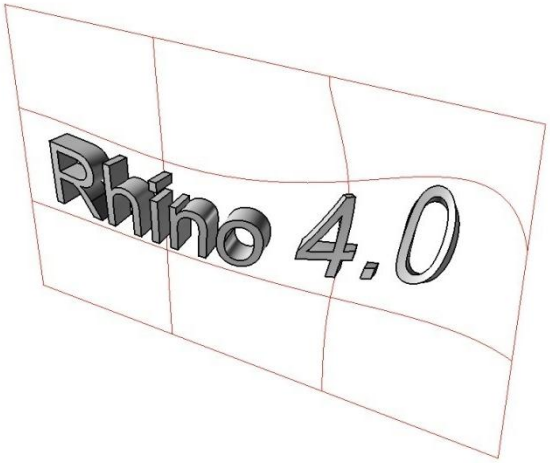


Fig. 3.4. Edició per gàbia d'un text tridimensional: la deformació efectuada es controla aplicant-la a una superfície inicialment plana. Fora molt més laboriós aconseguir el mateix editant directament cascuna de les lletres.

A pesar d'aquestes i d'altres millores, les aplicacions de CAD literal continuen essent incapaces d'abordar el disseny dels objectes des de la seva pròpia essència, que no és altra que el conjunt de condicionants als quals pretenen respondre. Per a aconseguir-ho, paral·lelament a les eines de CAD literal, s'han anat desenvolupant les eines de CAD paramètric. Amb elles, en comptes de representar directament el model, el que es fa és especificar les restriccions, paràmetres i relacions que regeixen la seva forma i la resta de les seves qualitats. L'aplicació es comunica amb el dissenyador a través d'una interface basada en representacions, principalment gràfiques però també alfanumèriques, que genera ella mateixa sota el control de l'usuari. És tracta d'un plantejament totalment diferent. No es ***construeix*** (o dibuixa) un model, sinó que ***s'especifica***.

En la majoria dels casos, aquesta manera de treballar resulta molt més eficient que la de que ofereixen els sistemes de CAD literal, ja que un cop s'aconsegueix definir un conjunt d'objectes en base a aquelles qualitats que els fan únics i alhora s'estableixen les seves interdependències, la seva edició resulta molt més potent, ja que s'editen directament els seus condicionants. Per altra banda, la majoria de dissenys, i especialment els arquitectònics, responen a molts criteris

que no són merament formals. Criteris compositius com ara dimensió mínima o màxima, distància entre peces, alçada relativa, alineació, proporció, etc., són paràmetres que s'ajusten molt bé a aquesta mena d'eines.

El problema d'aquesta forma de treballar és que establir els paràmetres i la manera amb que interactuen en el model acostuma a ser força complexa. Per això, la majoria d'aplicacions d'aquesta mena estan més o menys especialitzades en el disseny d'un tipus o altra d'objectes. Ofereixen assistents, objectes i comportaments pre-configurats que faciliten molt la feina. Autodesk Inventor o SòlidWorks en són exemples. Altra mena d'aplicacions, com Catia, són molt més genèriques i permeten adaptar-se al disseny de qualsevol cosa, des d'avions a edificis.

Per altra banda, la construcció d'un objecte paramètric és un procés principalment ***intel·lectual***, mentre que el modelat literal resulta més ***manipulatiu***. La relació entre concepció i creació és molt més immediata en el segon cas i això ha allunyat als arquitectes del disseny paramètric, doncs necessiten que la interacció entre el model i els seus pensaments sigui el més fluida possible. Però el modelat literal pateix les limitacions intrínseques de la necessitat de poder *tocar* l'objecte. De fet operacions que fan les aplicacions solen emular transformacions mecàniques. El modelat paramètric permet abordar la forma sense necessitat de manipular-la directament, tot controlant la seva estructura i valors a través de les interfaces més adequades, que sovint tenen poc a veure amb l'aspecte formal de l'objecte.

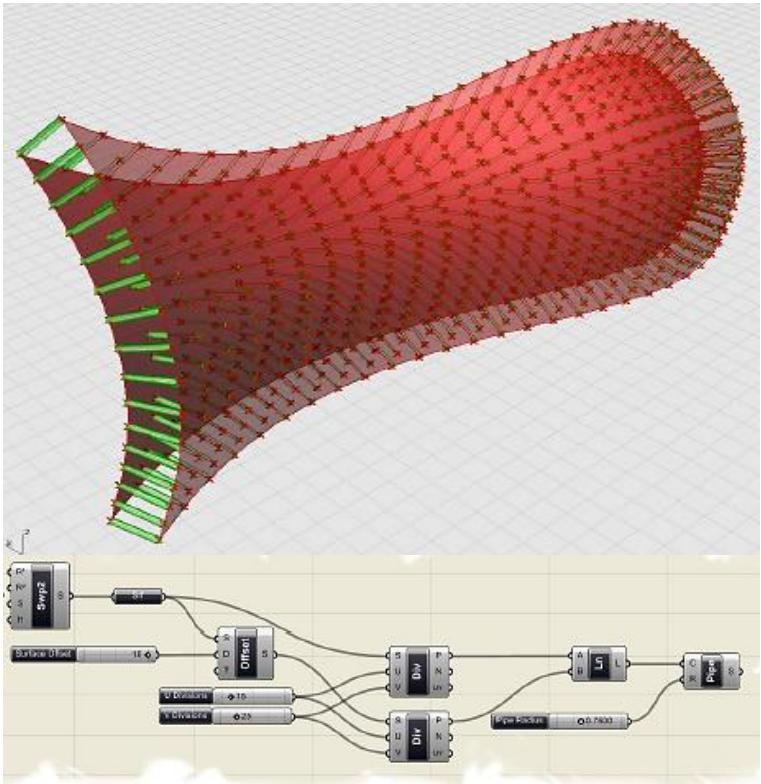


Fig. 3.5. La forma mostrada s'ha creat i s'edita a través dels mòduls paramètrics i les connexions que es mostren a baix. Es tracta de la interface de modelat paramètric de Grasshopper (Payner, et al., 2009)

Això permet no només controlar geometries molt més complexes, sinó automatitzar la transmissió dels canvis ocasionat per variacions en els seus paràmetres, avantatge productiu que ha guanyat molta importància en els últims anys.

· Paramètric per a arquitectes

El principal factor que ha dificultat que el software paramètric arribi als arquitectes és la pèrdua del control de la representació del model que implica el seu ús. Els arquitectes estan acostumats, des de sempre, a que la seva idea visqui en les representacions que creen i per això precisen controlar el medi en què treballen. La representació bidimensional dóna molt de marge al dissenyador a causa de la seva inherent ambigüitat i falta de connexió amb la resta de representacions. Es pot dibuixar quelcom que representi una idea per a l'arquitecte però que no sigui gaire precís en relació al model en el què s'integra. De fet, quan la idea en sí no està prou definida, pot resultar més còmode dibuixar varis esbossos que crear models paramètrics, tot depèn de la manera amb que s'hagi aprés a pensar. En qualsevol cas, l'experiència demostra que fóra convenien definir-lo paramètricament per tal d'editar-lo de manera més eficient i interactiva. Per exemple, quan s'estudia la composició d'un alçat, es pot preferir jugar amb representacions senzilles de les obertures que definir-les com a objectes paramètrics, però de seguida els avantatges d'haver treballat en un principi amb objectes superarien el temps i fluïdesa guanyats inicialment.

Per això, és necessari un tipus d'aplicacions especialitzades en el disseny d'elements arquitectònics que faciliti el procés de creació dels objectes paramètrics. Només llavors, l'ús d'un sistema de treball parametritzat pot ser prou interactiu per no interrompre determinats processos creatius de l'arquitecte. La resta, es veuran recompensats per l'ús d'un model unitari d'edició paramètrica, les representacions i visualitzacions del qual sempre estaran coordinades.

3.1.4 EL CAD PARAMÈTRIC VERSUS EL CAD BIM

En l'anterior apartat s'ha arribat a la conclusió de per tal que una eina de disseny paramètrica tingui un nivell d'usabilitat alt i sigui universalizable per a un determinat àmbit professional, cal que s'especialitzi. Això és el que han fet les aplicacions paramètriques destinades al disseny arquitectònic. Al principi d'aquest capítol s'explicava en quins aspectes havien de ser diferents a les industrials, però ara seria convenient analitzar com aquestes diferències les caracteritzen en relació al disseny paramètric en general.

En primer lloc, les eines destinades al disseny paramètric d'arquitectura, conegudes ara com a aplicacions BIM, estan més orientades al disseny en base a objectes que a la seva parametrització. La parametrització és necessària per a poder crear-los i editar-los i per a que puguin aspirar a cobrir totes les opcions de disseny possibles, però no és un fi en sí mateix per a la majoria d'elles.

Això explica les limitades prestacions que en aquest sentit ofereix el CAD BIM en relació a solucions més especialitzades en el disseny paramètric lliure. Aquest interès pels objectes en sí es dóna perquè potencien el seu ús com a contenidors d'informació, tot agrupant-los en una base de dades heterogènia que aspira a cobrir tots els vessants del disseny d'un edifici. Això

permet que totes les BIM poden compartir el model amb aplicacions especialitzades en l'estudi d'altres disciplines. Per altra banda, l'ús jerarquitzat d'objectes de característiques més o menys limitades facilita la creació de models topològicament estables.

També la pròpia organització interna, espacial i documental és l'adequada per a gestionar projectes arquitectònics. Per exemple, el model s'organitza segons plantes en comptes de seguir una organització en arbre com passa en la majoria d'aplicacions industrials i es posa un especial interès en la generació i gestió dels plànols. També els sistemes de visualització del model emulen les representacions a les què està habituat l'arquitecte, de manera que pugui abordar el projecte des de les mateixes plantes, seccions, alçats i perspectives. La diferència és que treballa directament amb objectes que es mostren amb un grafisme en consonància amb la vista des de la que s'editen. Així, les modificacions fetes des d'una planta, per exemple, afectaran també a aspectes visibles en altres vistes, ja que el que es modifica és una representació de la informació de l'objecte des d'una vista concreta.

Una altra particularitat és la possibilitat de personalitzar el grafisme dels objectes visualitzats, ja que els fabricants són conscients de la dificultat de vendre un producte a un sector que està acostumat a emprar el dibuix (digital o no) com a principal eina d'ideació. De fet, la majoria d'elles permeten desvincular una determinada visualització, com ara un alçat, del model, per tal de poder tractar-lo com una representació literal independent. També permeten superposar models literals a les representacions, de tal manera que es puguin superar dificultats en el modelat d'objectes paramètrics o, simplement, fer petites trampes que estalviïn molta feina. Per exemple, si hom no es capaç de modelar una escala com un objecte tridimensional, sempre podrà substituir la seva visualització en els plànols per dibuixos delineats a mà. La resta de l'edifici podrà seguir gaudint de les prestacions del BIM. Això és impensable en les aplicacions de disseny paramètric, ja que obtenir parts dels disseny amb aquestes astúcies no té cap interès per als seus usuaris.

En quan a la generació d'objectes paramètrics en sí, totes les aplicacions BIM disposen d'una biblioteca més o menys extensa d'elements que aspiren a cobrir la majoria de les necessitats dels arquitectes. Això es possible perquè els elements que s'empren en arquitectura són, en general, força fàcils de discretitzar pel que fa a la seva forma. Les fusteries acostumen a tenir una forma rectangular, les murs a ser verticals, etc. Per altra banda, el nivell de detall dels objectes pot ser més baix, perquè expressen abstraccions simplificades dels elements que es construiran. En canvi, els objectes que s'acostumen a modelar amb aplicacions de disseny paramètric són difícilment regularitzables, ja que responen a dissenys específics com ara peces mecàniques o carcasses d'electrodomèstics.

Això no vol dir que les aplicacions BIM estiguin destinades per a l'ús d'un ventall limitat de components (no ho van estar ni tan sols en els seus orígens), ni que estiguin destinades a arquitectures conformades amb elements prefabricats. El que es pretén és que cada element pugi ser construït amb el mínim o nul treball previ de parametrització per tal que el modelat de l'edifici sigui el màxim d'àgil i intuïtiu.

Per a aquells casos que no estiguin reflectits en la comentada biblioteca, es disposa d'eines per a la generació des de zero d'elements paramètrics. La majoria ho fan mitjançant un llenguatge de programació propi o recolzant-se en tècniques de modelat literal. Altres disposen d'eines de

modelat paramètric d'entorn gràfic. Val a dir que en la gran majoria dels casos resulten suficients tot i ser força limitades topològicament. Si es tractés d'elements del món industrial, caldria eines més sofisticades ja que responen a geometries molt més lliures i difícils de preveure, que més tard requereixen ser fabricades en sèrie per a compensar el temps extra destinat a la seva creació.

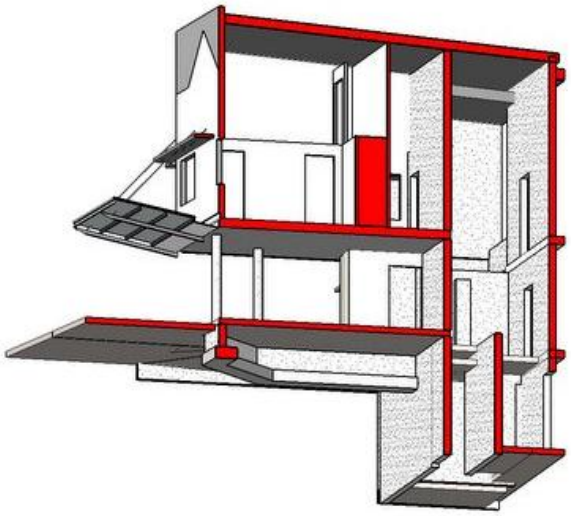


Fig. 3.6. Vista seccionada d'un model BIM. La simplicitat dels elements que el conformen s'evidencia si la comparem amb la d'un producte industrial, com ara un motor. El grafisme és l'habitual, no hi ha res que delati que no es tracta d'un dibuix bidimensional o d'un model tridimensional literal. De tots els elements que hi apareixen, l'únic que s'ha hagut de crear especialment ha estat la marquesina,

3.2 BIM PER AL DISSENY ARQUITECTÒNIC

La Tecnologia BIM resulta útil a tots els implicats en la construcció d'un edifici, però especialment a aquells que han d'afrontar la tasca del seu disseny. De tots ells, els arquitectes són els que tenen una funció més delicada, doncs són els encarregats de fer compatibles tots els aspectes, funcions i sistemes d'un edifici en un conjunt harmònic. Tradicionalment però, els arquitectes s'han interessat més pels aspectes formals i funcionals, i no sempre s'han preocupat prou de que els seus dissenys fossin compatibles amb l'estabilitat estructural de l'immoble i amb el funcionament de les seves cada cop més sofisticades instal·lacions, almenys a España. Tot això mentre s'adapten a uns pressupostos sempre a la baixa i amb unes tècniques constructives poc innovadores.

Per altra banda, tot i que el disseny dels edificis és resolt per equips especialitzats en el desenvolupament de les disciplines arquitectòniques principals, els seus integrants destinen gran part del temps a tasques de representació; deixant les tasques de coordinació en un segon pla que calia resoldre amb altes dosis d'improvisació durant la fase d'execució. La Tecnologia BIM automatitza la representació i la coordinació, deixant més temps als dissenyadors per a que s'ocupin del desenvolupament dels seus projectes, però impacta decisivament en la manera de treballar de qui la usa i en els productes que és capaç de lliurar. Gràcies a ella s'assoleixen nous àmbits de disseny (integració dels sistemes arquitectònics, control dels costos, etc.), però precisa de la implementació de les noves tecnologies que ho fan possible. Del primer tema se'n parlarà aquí i del segon, al llarg del tema 3.3.

Per a entendre com influeix aquesta tecnologia en la producció de l'arquitecte i dels seus col·laboradors resulta útil distingir entre quatre mecanismes generals que intervenen en qualsevol desenvolupament d'un projecte.

- ***Disseny Intuïtiu:*** Es tracta del disseny basat en l'especulació sobre quina és la millor manera de resoldre el problema que s'està plantejant i sobre quin serà el resultat del que s'està formulant. En ell es formulen i s'empren conceptes difícils de discretitzar. Sovint els aspectes espacials i formals d'un edifici es solen definir d'aquesta forma, que és considerada la més creativa per als arquitectes. Inicialment les aplicacions BIM resultaven poc adequades per a aquesta mena de tasques degut a problemes operatius i d'interface. Actualment, l'elevat nivell d'usabilitat i interactivitat que han assolit les últimes versions, fa del seu ús una opció a considerar previ desenvolupament d'algunes estratègies de modelat.

- ***Disseny Empíric.*** Es crea a partir de l'experiència pròpia i aliena acumulada durant l'exercici de la professió. És una actitud que es troba implícita en tota activitat humana però que, depenent de la tecnologia emprada i de la filosofia de disseny perseguida, pot tenir major o menor importància en els processos creatius. Dins d'aquest àmbit trobem des del fet d'emprar solucions constructives o estructurals conegudes a l'ús de llibreries de components o de recursos estilístics. La Tecnologia BIM, al basar-se en objectes contenidors d'informació, té un gran potencial en aquest àmbit, però les meves últimes investigacions al respecte m'han fet veure que el tema de l'estandardització del llenguatge (terminologia i semàntica) per a descriure el coneixement és un tema cabdal per poder avançar en aquest terreny.

- ***Disseny Analític:*** Es dissenya a través de l'anàlisi del comportament de l'edifici des de diversos punts de vista. Les decisions que s'hi prenen es basen principalment en el resultats del càlculs o de les simulacions efectuades. En aquesta àmbit es resolen amb concreció la distribució dels espais i les característiques dels elements que els delimiten, tot atenent a l'acompliment de les especificacions establertes per tots els implicats. Actualment, les prestacions de les aplicacions BIM estan creixent en aquesta àrea, tant pel que fa a la simulació dels espais i de les seves envoltants, com del seu comportament en front a diferents circumstàncies.

- ***Disseny Descriptiu.*** S'especifiquen els detalls de l'edifici a fi i efecte de comunicar-los. El seu principal lliurable són els plànols d'obra amb un nivell de detall elevat, els estats d'amidaments i els plecs de condicions, però també podríem incloure material de màrqueting. No és necessàriament un procés finalista, ja que sovint, mentre es descriu un concepte o una solució constructiva, s'avança en el seu disseny. Fins no fa gaire, era el principal objectiu de les aplicacions BIM, les quals prometien un gran increment de productivitat en aquestes tasques al quedar automatitzada la representació detallada dels elements constructius. Però últimament s'està veient que la flexibilitat inherent a les aplicacions BIM per a mostrar els continguts dels seus models està esdevenint un recurs creatiu polivalent. Per altra banda, també s'està investigant en la línia d'aconseguir que el mateix model BIM serveixi com a referència directa per a la culminació de la seva informació mitjançant l'anomenat Direct Digital Exchange.

Atès que el disseny és un acte de creació global, aquests àmbits solen relacionar-se entre ells de manera més o menys natural. La qüestió és que, mentre l'objecte de disseny és un ens polifacètic, els mecanismes que té el seu creador per a interrelacionar les seves parts estan sovint limitats per la seva pròpia capacitat d'abstracció, ja que les eines de CAD tradicionals només generen representacions especialitzades que l'autor ha de saber coordinar. El que podríem anomenar ***Disseny Abstracte*** empra les habilitats humanes de conceptualització per a lligar caps i crear millors dissenys o, almenys, dissenys que puguin arribar a ser mínimament viables (formes que es podran sostenir, tancaments que aïllaran de l'exterior, etc.).

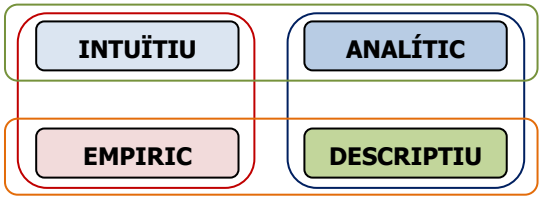


Fig. 3.7. El disseny abstracte precisa de la consideració aïllada de qualitats extretes de cada àmbit per a poder-les relacionar en la ment del dissenyador. Per tant, la capacitat per coordinar els resultats d'aquestes vies paraleles sol ser força limitada.

En canvi, la Tecnologia BIM obre les portes al ***Disseny Integrat***. En ell és possible la interrelació de les conclusions extretes dels diferents àmbits del disseny i per tots els implicats en el disseny de l'edifici al llarg de les seves diferents fases en un context més analític on, en teoria, es pot gaudir de tota la informació disponible per a prendre decisions. En aquest terreny,

els fluxos de treball per a la interoperabilitat entre aplicacions i usuari humà tot just comencen a desenvolupar-se tímidament, donant interessants fruits.

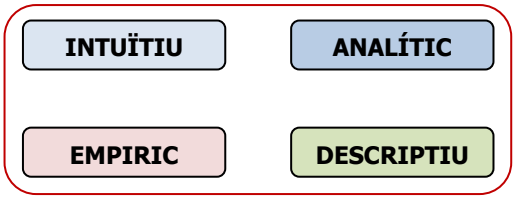


Fig. 3.8. El disseny integrat permet relacionar tots els àmbits del disseny emprant bases de dades relacionables que ajudin a crear nexes d'unió entre diferents aspectes de l'edifici.

Segons els principis de la Pràctica Integrada, la clau de l'èxit d'aquest plantejament rau principalment en aconseguir que el Disseny Integrat es dugui a terme ja en les fases primerenques, especialment en la de Disseny Conceptual. Però per tal que això sigui possible, cal que tots els àmbits dels disseny hi estiguin presents, cosa que tradicionalment no s'acostuma a donar, ja que hi ha una forta correspondència entre determinats àmbits i certes fases del disseny. Per exemple, el disseny analític no sol intervenir en les fases de disseny conceptual ni l'intuïtiu de les fases de documentació. L'arquitectura és un procés excessivament lineal que les tecnologies de parametrització i de gestió de la informació poden ajudar a fer més interactiu.

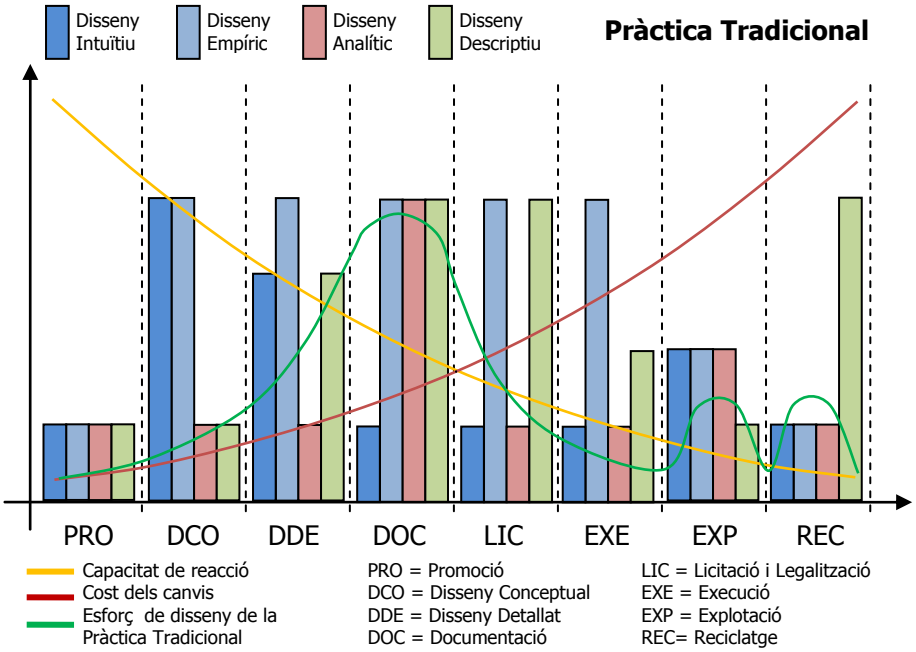


Fig. 3.9. Influència dels àmbits de disseny en la Pràctica Tradicional. La distribució és poc uniforme i el disseny basat en l'especulació domina en les fases primerenques. Per altra banda, l'esforç de les tasques descriptives es intens cap al final del projecte.

El problema és el BIM tot just comença a donar eines per a dur-ho a terme en aquestes fases. Per exemple, existeixen aplicacions que treballen amb models conceptuals, però tot just comencen a haver-hi eines que els puguin analitzar. Per tant, actualment el desenvolupament

del BIM en la fase de disseny conceptual és una via de recerca molt interesant; explotant la potència de la parametrització basada en objectes d'informació i mirant de resoldre les necessitats de les eines d'anàlisi, simulació i gestió del coneixement. En aquest aspecte seria també interessant investigar com es pot emprar la capacitat del BIM per a representar el temps (el 4D) per a emprar-lo com una eina de control de l'evolució de detall del model o com un mecanisme per a mantenir diverses versions del mateix sistema arquitectònic per a realitzar-hi anàlisis que precisen d'algunes dades que contradiuen els interesso d'altres simulacions.

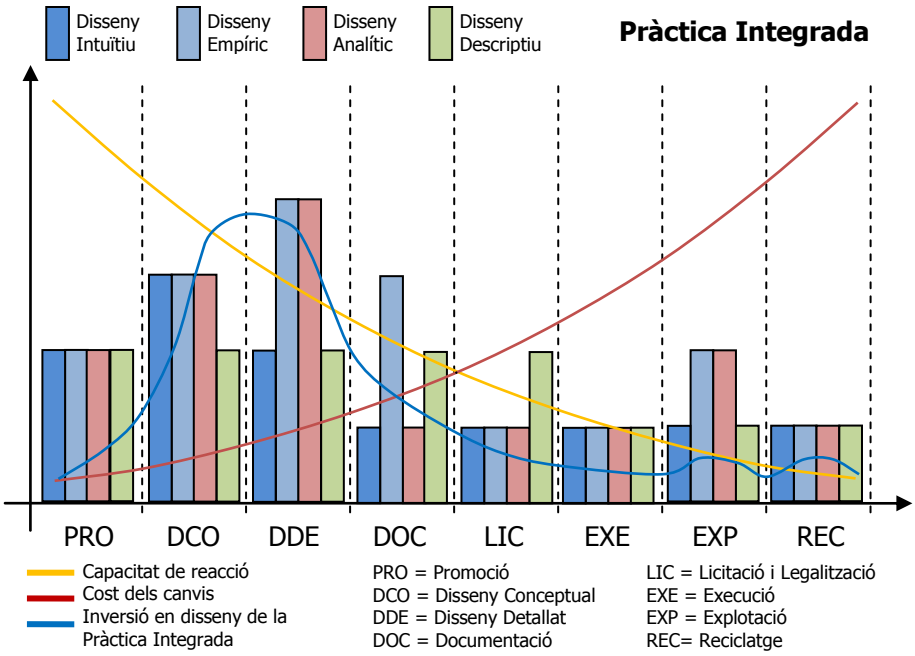


Fig. 3.10. Influència dels àmbits de disseny en la Pràctica Integrada. La distribució és més uniforme perquè la informació es comparteix i els àmbits interactuen. Per altra banda, les tasques descriptives no s'acumulen en la fase de documentació ja que poden aprofitar molta de la informació generada anteriorment.

· Noves distribucions del honoraris

La distribució d'honoraris que hom aplicava a les diferents fases del disseny tradicional tenen a veure amb la quantitat de feina i el valor afegit dels productes que es poden oferir al client al llarg d'aquestes. Així, la distribució comunament acceptada a Espanya dona el major pes a la fase final del procés de disseny, l'elaboració del projecte executiu, al qual se li solen atribuir la meitat dels honoraris, deixant l'altra meitat a repartir entre la fase d'Avantprojecte i la de Projecte Bàsic.

En canvi, emprant pràctiques integrades i Tecnologia BIM, aquesta distribució d'honoraris hauria d'adaptar-se a la nova distribució d'esforços esmerçats en cada àmbit de disseny. Si el que s'aconsegueix és concentrar la presa de decisions i el valor afegit del projecte en les fases primerenques, això s'hauria de reflectir en les noves minutes. Els especialistes parlen d'una distribució aproximada d'un 20-30% per a la fase de Disseny Conceptual, un 50-60% per a la de Disseny Detallat, deixant el 10-20% restant per a la fase de Documentació (el que actualment entenem com a Projecte Executiu). Aquest plantejament es lògic si tenim en compte que, a diferència del que passa amb la pràctica Tradicional, l'última fase de disseny es destina únicament a documentar el projecte per a que pugui ser construït. Tota la feina important s'ha

hagut de realitzar abans, sobretot i de manera intensiva entre les parts, durant la fase de Disseny Detallat. Per alta banda, el valor afegit de les idees i de la planificació obtingudes en l'àmbit del disseny conceptual obtindrien la seva recompensa.

PRÀCTICA TRADICIONAL	%
Avantprojecte	20%
Projecte Bàsic	30%
Projecte Executiu	50%

PRÀCTICA INTEGRADA	%
Disseny Conceptual	30%
Disseny Detallat	50%
Documentació	20%

Fig. 3.11. Distribució d'honoraris arquetípica de la Pràctica Tradicional i de la Integrada.

Per altra banda, aquesta distribució hauria d'ajustar-se en relació al grau d'incertesa del projecte. No és el mateix un encàrrec de resultats previsibles (com ara el disseny d'una botiga d'una franquícia), un d'estàndard (habitatges col·lectius, hotels, etc), un de tipus singular (equipaments públics o representatius, per exemple) o un de tipus experimental (com ara un gratacels hi-tech). El pes relatiu de cadascuna de les fases d'aquesta mena de projectes s'anirà desplaçant cap al principi a mesura que s'incrementa el grau d'originalitat i el risc de l'encàrrec. El que es valora és, doncs, la quantitat d'informació que cal desenvolupar.

FASE	PREVISIBLE	ESTÀNDARD	SINGULAR	EXPERIMENTAL
Disseny Conceptual	10 %	20 %	30 %	40 %
Disseny Detallat	50 %	50 %	60 %	50 %
Documentació	40 %	30 %	10 %	10 %

Fig. 3.12. Distribució d'honoraris en la Pràctica Integrada adaptats al grau d'incertesa del projecte. Podem considerar que la majoria de projectes són una barreja de solucions singulars resoltes amb mecanismes estàndard. D'aquí es parli d'un valor mitjà de 20-50-30.

3.2.1 BIM PER AL DISSENY INTUITIU

Bona part de la informació que conté un model BIM està dedicada a definir conceptes abstractes, doncs són el marc en el que es desenvolupa qualsevol creació artística. Per això, l'arquitecte sol començar el disseny de l'edifici per aquí tot realitzant esbossos i maquetes, digitals i analògiques, cercant quelcom que es correspongui amb el grau d'indefinició de les seves idees i que ofereixi un grau d'interactivitat elevat. Però amb l'ús de modeladors BIM, l'arquitecte deixa de representar manualment cadascuna de les seves idees i comença a crear models basats en dades que han de representar aquests conceptes. El problema és que aquest fet el deixa orfe del domini absolut del grau d'abstracció dels models que estudia ja que no en pot controlar al detall les seves representacions al estar basades en objectes. Però precisament es tracta d'això: passar de l'**abstracció** a la **integració** conservant mecanismes d'ideació intuïtiva. Això permetria, per altra banda, facilitat l'accés a mecanismes més analítics, donat el potencial del BIM en aquesta àrea.

Quant hom treballa amb eines literals, pot representar qualsevol idea per difusa que sigui, sobretot en el cas dels dibuixos bidimensionals. És un joc perillós, ja que caldrà recordar quines trampes s'han fet per tal que no arribin a la fase de producció (que no admet cap mena d'inconsistència), però dona una gran llibertat creativa. Sigui com sigui, no es pot negar que,

fins al ara, el disseny basat en la representació literal ha possibilitat productes de molta qualitat. Cal preguntar-se doncs si el BIM serà capaç d'oferir eines que permetin seguir evolucionant en aquest sentit, sobretot si tenim en compte que, en alguns casos, les eines de representació literal ja estan dificultant que es faci millor arquitectura per problemes de productivitat. Un exemple d'això és es donaria del disseny d'habitatges, on el marge per al virtuosisme queda molt reduït quan la meitat del poc temps assignat s'ha de dedicar a delinear. Naturalment, hi ha altres condicionants que col·laboren amb que en la majoria dels casos el resultat sigui mediocre, però aquest segur que n'és un.

Amb l'ús d'objectes paramètrics no es pot treballar amb tan poc rigor com quan només es representa, doncs el que es fa és construir un model coherent i, en general, molt controlat. Ja s'ha parlat dels avantatges productius d'aquest sistema, però ara el que toca és parlar de com el BIM pot beneficiar la creativitat de l'arquitecte. En primer lloc, el treball amb objectes és conceptualment molt més proper al seu procés d'ideació ja que es basa en el seu mateix llenguatge. Es manipulen entitats amb lògica formal i constructiva (tal com fa l'arquitecte quan pensa en murs, obertures, suports verticals, etc.) que es relacionen entre sí tal com s'espera que ho facin (els tancaments van de forjat a forjat, les obertures els travessen, etc.) i que, a més, es representen d'acord amb la seva naturalesa.

Per altra banda, el concepte d'espai es omnipresent ja que sempre tindrem a la nostra disposició qualsevol vista tridimensional o de secció que necessitem. Per tant, la necessària economia de recursos que exigeixen les eines de CAD literal desapareix, fent possible l'anàlisi formal de qualsevol punt de l'edifici, amb un nivell de detall només limitat pel grau d'informació de que es disposi en relació al projecte o els seus components. Per exemple, si s'està dissenyant l'interior d'una botiga de franquícia, es poden elaborar models conceptuals amb elements totalment definits. En canvi, un edifici singular començarà amb l'estudi de la seva volumetria en relació a l'emplaçament.

El fet de treballar amb objectes permet que la feina només es faci una vegada i es faci sobre allò que realment defineix els elements que s'estan dissenyant. Però la visualització d'aquesta informació ha de correspondre amb el grau d'abstracció aparent que es necessita per a donar lloc a processos intuïtius. Per aquesta raó, les aplicacions BIM han d'oferir sistemes molt potents de control de la visualització.

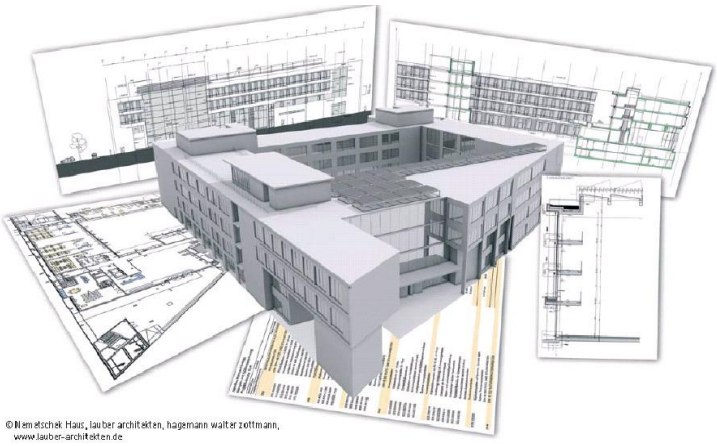


Fig. 3.13. D'un únic model tridimensional es generes diverses representacions dimensionals. Nemetschek Allplan.

Una altra qüestió es la del tempteig d'opcions, on per exemple, pot interessar treballar temporalment un alçat com un mer dibuix. A tal efecte, hi ha algunes solucions que permeten desvincular del model determinats tipus de vista transformant-los en dibuixos. Altres, en canvi, disposen d'un sistema que permet crear diverses opcions de disseny dins d'un mateix model, tot permetent combinar-les; opció molt més recomanable.

No hem de perdre de vista que dissenyar un edifici no és el mateix que dibuixar-lo. Una aplicació BIM permet desvincular gran part del disseny del les tècniques de delineació (en el sentit més ampli de la paraula), al permetre accedir directament al objecte que s'estudia. De fet, recupera el nivell d'abstracció del dibuix manual, ja que, mentre que el traç inequívoc de moltes eines CAD no paramètriques no facilita el treball conceptual, la manipulació d'objectes que es van definint de manera iterativa a mesura que es desenvolupa el projecte permet afrontar el problema des d'una perspectiva molt més àgil que no precisa d'esperar a generar una representació per comprovar el resultat d'una edició d'un model.

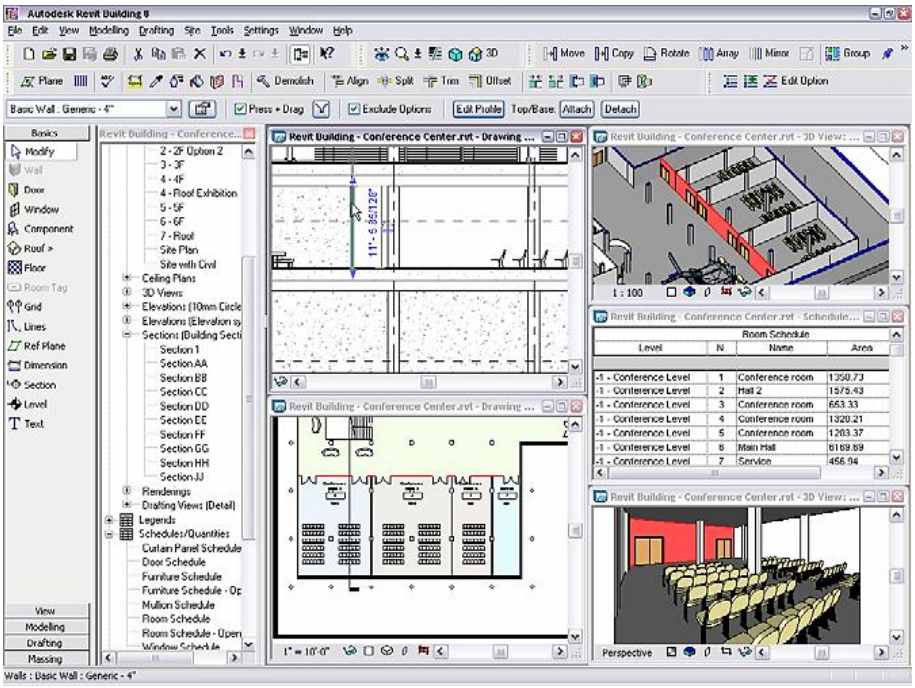


Fig. 3.14. Model arquitectònic unitari d'Autodesk Revit. Es mostren vistes tridimensionals interiors i bidimensionals (planta i secció) en les que es selecciona un objecte, el qual es ressalta en vermell.

Per altra banda, ja hem comentat que els elements que conformen un model BIM també interactuen entre ells de forma controlada. És el que s'anomena parametrització associativa, ja que controla el comportament entre entitats. Molts d'aquests paràmetres estan preestablerts, però algunes aplicacions BIM ofereixen certes capacitats de personalització d'aquests comportaments, especialment quan treballen amb volumetries. És es cas de Revit i d'ArchiCAD, i en un nivell molt més elevat, Digital Project.

· Informació no formal

A banda, del disseny formal paramètric (també conegut com a disseny generatiu), les aplicacions BIM ofereixen la possibilitat de treballar conceptualment amb criteris no formals.

Criteris que, per altra banda, són de gran interès per al promotor i que de ben segur seran presents al model de promoció que aquest presenti. Estem parlant d'aspectes tant importants com l'edificabilitat, l'ocupació, els costos, la distribució d'usos, o inclús, les tipologies de sistemes constructius a emprar. Tota aquesta informació pot estar inclosa en models amb el mínim de detall formal necessari, permetent prendre decisions molt abans de col·locar la primera paret.

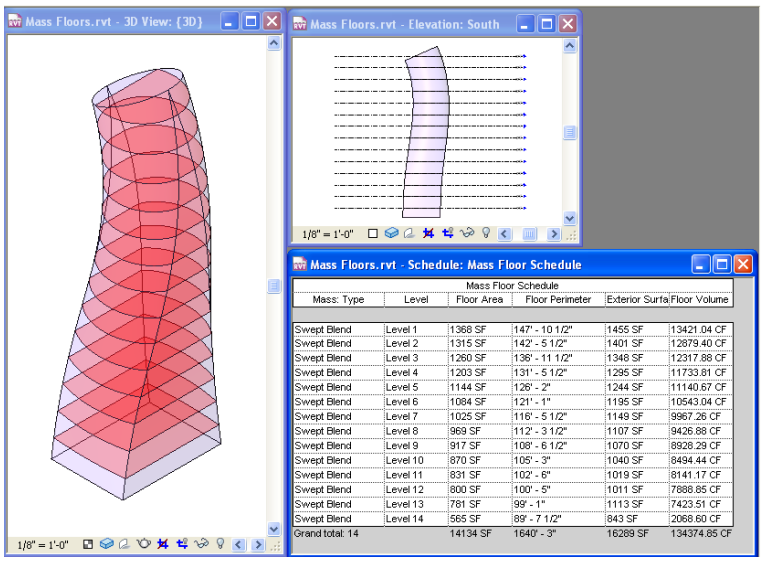


Fig. 3.15. Model conceptual en el que s'estudia l'edificabilitat resultant de la forma. Un càlcul molt tediós de fer amb mitjans literals.

Aquests nous criteris de disseny esdevindran un valor afegit que ajudaran a vendre el servei ofert per l'associació de Disseny i Construcció. El ventall actual és molt ampli i atraurà l'interés dels clients per obtenir productes que s'adeqüin més a les seves necessitats. Per posar alguns exemples, eines com Facility Composer o Dprofiler permeten dissenyar edificis partint del seu programa funcional tenint en compte aspectes econòmics. D'altres, en canvi, permeten fer-ho des del punt de vista mediambiental. Naturalment, aquests càlculs tenen una precisió limitada, però seran de gran utilitat en aquesta fase, on cal orientar la direcció del projecte. A mesura que la informació disponible vagi augmentant en fiabilitat (amb la millora de les llibreries BIM i la integració en el procés del contractista i els industrials) aquests anàlisis seran cada cop més representatiives del resultat final.

No obstant, queda pendent la millora de la interoperabilitat d'aquestes aplicacions especialitzades, ja que la seva capacitat de compartir informació és molt limitada i també ho és la transportabilitat dels seus models a les aplicacions que intervindran en les fases posteriors (Revit, ArchiCAD, Allplan, Tekla, etc). És de preveure que aquestes eines acabin integrant-se en suites compatibles o que les mateixes aplicacions BIM de modelat detallat i documentació vagin incorporant aquestes funcionalitats, ja sigui de manera intrínseca o mitjançant pluguins o connexions amb aplicacions especialitzades.

En qualsevol cas, les eines de modelat conceptual han de compatibilitzar unes prestacions de tractament de la informació elevades amb un ús interactiu i àgil si volen substituir completament els mitjans literals.

3.2.2 BIM PER AL DISSENY EMPÍRIC

L'aprofitament del coneixement acumulat és una estratègia bàsica en el disseny de qualsevol mena de producte. La qüestió és que a mesura que aquest es va sofisticant, cal disposar de mecanismes per encapsular aquest valor en objectes recuperables. Això és quelcom que es dóna de manera natural en la indústria manufacturada a través de l'ús de components i protocols prefixats, i també, del propi disseny evolutiu que s'hi empra. Però en el món de l'arquitectura, és una estratègia molt poc sistematitzada.

Naturalment, la pròpia experiència de l'arquitecte és emprada de manera intuïtiva en el desenvolupament d'un nou projecte, però no acostumen a disposar de mecanismes que permetin treure'n rendiment de manera productiva ni que aquesta sigui aprofitada per altres individus. Per exemple, l'ús de llibreries de solucions arquitectòniques és un recurs senzill que, no obstant, està molt poc estès i el modelat sistemàtic d'elements paramètrics és encara més rar. Tampoc és comú dissenyar protocols per al desenvolupament d'un projecte o planificar-ne el seu modelat.

De fet, tot això està relacionat amb l'ús d'estàndards i la sistematització de processos, competències que tradicionalment han estat el feu dels CAD managers i que amb el BIM es veuen reforçades perquè aquesta tecnologia obliga a la seva adopció.

· Llibreries BIM (BEM libraries)

Els models BIM són un conjunt d'objectes paramètrics que contenen informació i que són capaços d'interactuar entre ells. Les definicions d'aquests objectes són susceptibles de ser guardats separadament per a la seva posterior reutilització, ja que són els principals contenidors del coneixement sobre la matèria d'aquell que els crea. Són els anomenats "***Objectes BIM***" o "***Bulding Element Models (BEM)***" Per altra banda, disposar d'una bona llibreria d'objectes és essencial per a assolir un bon nivell de productivitat i d'usabilitat de les aplicacions i eines BIM. Si hom disposa dels objectes que necessita, només ha d'agafar-los i fer-los servir.

Per aquesta raó, els equips de dissenyadors es preocupen d'elaborar i mantenint la seva pròpia llibreria d'objectes BIM que anirà enriquint i depurant a mesura que se'n faci ús. Els seus components haurien de complir les següents condicions:

- ***Estar correctament modelats***. Amb una estructura coherent i el més senzilla possible. És important que el seu comportament paramètric no tingui fissures.

- ***Tenir un nivell de detall escalable i adequat a cada fase***. Per tal de poder-los emprar en qualsevol moment sense que desentonin amb el conjunt i no sobrecarreguin innecessàriament el model.

- ***Disposar de la informació necessària per als usos als què estan destinats***. Aquest recurs és indispensable si es vol incloure coneixement als objectes. Una adequada informació estalviarà molta feina en els processos d'anàlisi. Aquesta informació pot estar inclosa en l'objecte o vinculada a través d'una crida (keynote).

· ***Gaudir d'una alta coherència de la informació.*** Tant la nomenclatura de paràmetres que descriguin els mateixos aspectes en diversos objectes com el format dels seus valors haurien de ser els mateixos per a que es puguin filtrar aquestes propietats en posteriors anàlisis.

Per aquesta raó, la comercialització de llibreries BIM de qualitat és un negoci que creixerà en els pròxims anys. Al contrari que les llibreries de CAD, que contenien poc valor afegit, les BIM esdevindran de vital importància en l'ús eficaç de la Tecnologia BIM i en l'encapsulament del coneixement dels seus creadors. Actualment, ja hi ha portals de llibreries privades (com ara SmartBIM) que es sumen al bon nombre d'ells que ofereixen llibreries públiques amb continguts de qualitat desigual. Aquests recursos públics, com ara les pròpies llibreries BIM facilitades pels distribuïdors o les existents a portals com *seek.autodesk.com* o www.formfonts.com, poden ser una bona base per a començar, requeriran de la intervenció dels usuaris per a convertir-les en veritables eines de disseny BIM. Els industrials, per la seva banda, estan començant a desenvolupar i distribuir les seves llibreries en format BIM, en pro d'una Pràctica Integrada.

Una altra vessant del mateix problema és la racionalització i emmagatzematge dels estils d'acotació, gruixos de línea, marcs de làmines, plantilles de visualització, materials, i tot allò que sigui susceptible de ser emprat més d'una vegada (sense oblidar les famílies de sistema). Tot això resulta fàcilment administrable amb l'ús de plantilles de model convenientment configurades.

Com podem veure, les estratègies que ja es donaven amb la bona praxis de les eines de CAD tradicional, en el cas de la Tecnologia BIM, prenen un caire molt més sofisticat i decisiu. A tal efecte, foren necessàries eines que permetessin l'administració dels BEM com a bases de dades, no només per a poder indexar el seu contingut o realitzar-hi cerques, sinó per poder efectuar-hi tasques d'homogeneïtzació de la seva informació. Personalment, no tinc coneixement que actualment existeixi una eina semblant amb funcionalitats completes d'edició massiva.

3.2.3 BIM PER AL DISSENY ANALÍTIC

Amb la pràctica tradicional, la presa de decisions en funció de l'anàlisi dels resultats obtinguts en simulacions es sol concentrar en processos finalistes de càlcul d'estructures o d'instal·lacions. La resta de càlculs es solen efectuar a posteriori i, com a molt, comporten petits canvis en el projecte a fi de justificar l'acompliment de les normatives. Però, sigui per la creixent exigència d'aquestes o per la voluntat d'idear millors projectes, cada cop resulta més atraient la idea de poder desenvolupar l'edifici tenint en compte les seves prestacions de bon principi. És l'anomenat ***Disseny Vers Prestacions***.

· Anàlisi i simulació

Una prestació important dels models BIM és que poden servir de suport per a les anàlisis i simulacions que han d'efectuar qualsevol dels implicats. Algunes de les eines necessàries ja estan incloses en moltes de les eines BIM actuals, especialment les que tenen a veure amb la comprovació d'aspectes visuals (perspectives, ombres, imatges fotorrealístiques) o amb la comptabilitat (metres quadrats, volums, nombre de components d'unes determinades

característiques, etc.), però tot el ventall restant, de fet il·limitat, es du a terme des d'eines especialitzades que han de llegir part de la informació continguda en models BIM de les tres grans disciplines (arquitectura, estructura i instal·lacions). A pesar que seria bo que els resultats d'aquestes anàlisis o simulacions es coneguessin quan abans millor, moltes d'elles precisen que hi hagi un elevat grau de definició del projecte i que aquesta es prepari de manera específica per a cada eina en concret, com en el cas dels càlculs estructurals. D'altres, en canvi, hauran de menester dades de les que es disposarà al principi de la fase de disseny, com ara aquells que tenen a veure amb l'assolellament o qualsevol altre aspecte relacionat amb l'emplaçament de l'edifici. Per tant, més que de la fase de projecte, la viabilitat d'una anàlisi o simulació depèn d'aquestes tres condicions:

- Que la informació necessària estigui disponible.

- Que aquesta es pugui abstreure del model global amb el format adequat.

- Que es disposi d'un sistema d'intercanvi de dades suportat per l'aplicació d'anàlisi i, millor, suportat per ambdues, per tal que la interacció pugui ser bidireccional.

Acomplir aquests requisits no és fàcil. Per aquesta raó la interoperabilitat entre les aplicacions BIM i aquelles que analitzen els seus models, només es dóna en entorns molt controlats. Una futura millora de l'estàndard IFC i el seu suport generalitzat sembla l'última esperança per a una flexibilitat total a l'hora de l'elecció de les aplicacions d'anàlisis i molt important, la interacció, encara no resolta, entre els resultats de diferents simuladors.

Per altra banda, per tal de facilitar el procés, es precisarien assistents que ajudin a incloure tota la informació en el model BIM per a que una o altra anàlisi pugui realitzar-se i preparar-la per a exportar-la adequadament; així com per a retornar al model els resultats obtinguts amb les eines d'anàlisi. Eines tals encara no estan universalment disponibles però n'hi comença a haver per a fins molt concrets.

En qualsevol cas, les eines d'anàlisi i simulació poden, per primer cop, emprar-se com a veritables eines de disseny, ja que la tecnologia paramètrica basada en objectes de la Tecnologia BIM permet modificar el model amb facilitat per tan de millorar-ne el disseny vers un determinat comportament gràcies a cicles curts d'interacció model – simulació.

· El control dels costos

El cost final que tindrà l'edifici que es vol construir és segurament el factor que més preocupa al promotor. Per això des de fa molts anys hi ha eines que permeten calcular-lo en base a l'elaboració d'una llista que, per una banda, comptabilitza totes les tasques que s'hauran de dur a terme per a construir-lo i, per l'altra, les hi posa preu en funció del cost dels mitjans necessaris per a executar-les (material, hores de ma d'obra o maquinària, etc). A la pràctica tradicional, aquesta base de dades és un model paramètric independent de la resta. La Tecnologia BIM implementa estratègies i eines per a automatitzar la formulació i quantificació de les tasques extraient-les del model i per a vincular cada tasca amb un preu prèviament estipulat. Com es pot deduir, la segona part del problema no es pot solucionar si no es compta amb informació fiable, cosa que demana la col·laboració del contractista per tal que aquest

negoci els preus amb els diferents executors de l'obra i pugui assegurar-ne el cost final. En cas contrari, el màxim que es pot aspirar és a una estimació hipotètica del cost del producte que només es sol aproximar al resultat real en el seu valor global en tipologies i mercats molt estables; però que no permet de cap manera afinar el disseny en funció del cost (l'anomena't "*Design to Cost*"), ja que, entre altres coses, es desconeix quin serà el preu que aconseguirà l'hipotètic contractista que s'haurà de licitar setmanes desprès de redactar el projecte executiu.

Per altra banda, és important que les eines de càlcul permetin preveure el cost en totes les fases del disseny. Naturalment fins a la fase de Disseny Constructiu, no es disposarà d'un prototipus exacte, però el grau de fidelitat de s'obtingui en la fase de Disseny Detallat, ja serà més que suficient (ja que equival al d'un projecte executiu actual). L'interessant és que fins i tot en la fase de Disseny Conceptual és possible fer estimacions molt més acurades que les que ofereixen les conegudes taules de costos per metre quadrat segons la tipologia edificatòria, que ofereixen publicacions com el "*Boletín de la Construcción*". Eines com Dprofiler permeten afinar molt més, ja que treballen amb models BIM que permeten orientar el projecte en la direcció adequada de bon començament.

Actualment ja existeixen força eines que es connecten directament amb el model (com Innovaya Visual Estimating o Nemetschek Design2Cost) i pluguins que permeten exportar amidaments i pressupostos realitzats amb aplicacions BIM per a ser importats per eines d'ús nacional (com Presto o Arquímedes). Això es possible gràcies a la vinculació dels elements del model amb partides d'una base de dades de preus.

La importància d'aquesta implementació de la Tecnologia BIM en l'àmbit dels amidaments i pressupostos és de vital importància al nostre país, on la redacció d'aquest document és responsabilitat de l'arquitecte, esdevenint un veritable bastó de comandament en el moment de l'obra. Un pressupost signat pel contractista és un contracte que vincula totes les parts. Per tant, si està ben redactat, els seus amidaments són acurats i no sorgeixen imprevistos, esdevindrà la garantia de que tot s'haurà de fer segons el previst.

3.2.4 BIM PER AL DISSENY DESCRIPTIU

En la pràctica tradicional, la descripció detallada del projecte és probablement el procés de disseny menys gratificant per a l'arquitecte ja que el volum d'informació que s'ha de comunicar és molt gran. No només estem parlant dels plànols d'obra sinó de tota a documentació que serveix per especificar l'edifici, des de memòries a plecs de condicions. Per aquesta raó, un dels principals objectius que ha provat de cobrir la Tecnologia BIM és la generació automatitzada d'aquesta documentació.

En el camp de les dades de tipus formal, això s'ha aconseguit fins al nivell de detall que requeriria una vista a escala 1:50. Pel que fa a nivells de detall més elevats, es comença a disposar d'estratègies efectives en alguns casos, però sempre a costa d'una elaboració molt detallada de les famílies (encara que sigui amb informació bidimensional i alfanumèrica). L'única excepció podrien ser les aplicacions de disseny estructural capaces de modelar les armadures i ancoratges amb tot detall, com ara Tekla i Scia.

No obstant, per molt que arquitecte s'esmerci, el seu model no deixa de ser una declaració d'intencions si no compta amb l'assessorament, o millor, amb els BEM dels industrials que hauran de participar el l'execució del projecte. Actualment, aquest sector tot just s'està començant a interessar per a oferir els seus productes, arribant en alguns casos a nivells de detall elevats en informació bidimensional o alfanumèrica (visitar http://seek.autodesk.com). És d'esperar que aquesta actitud s'acabi generalitzant a Espanya quan el grau d'implementació del BIM sigui més elevat. Actualment ja hi ha alguns industrials locals que s'hi estan dedicant.

La disciplina del disseny d'instal·lacions és potser la que més es beneficia de es prestacions de modelat tridimensional detallat. Al cap i a la fi, el nombre de components i les necessitats de coordinació de qualsevol instal·lació és molt elevat. No es tracta només de preveure com hauran de ser muntades les instal·lacions, sinó d'establir-hi el ordre i el nombre i característiques exactes de peces necessàries. D'aquesta manera s'estalvien temps i residus. De la mateixa manera, l'arquitecte pot dissenyar tenint en compte aquests criteris per a aconseguir el que en l'argot s'anomena "***Lean Construction***" i que podríem traduir com ***Construcció Eficient*** i que té molt a veure també amb el disseny integrat.

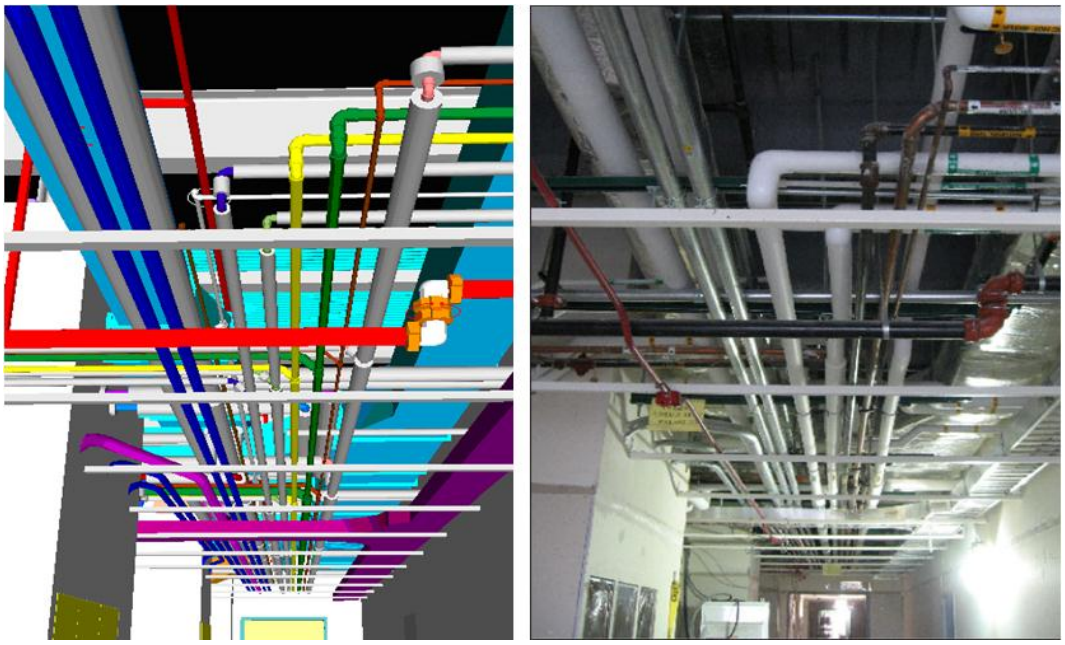


Fig. 3.16. Model detallat de les instal·lacions d'un edifici comparat amb la seva execució. Aquí el disseny constructiu s'aplica en el sentit de poder descriure tots els components necessaris i el seu ordre de col·locació.

A banda de la informació formal, cal no oblidar les dades que tenen a veure amb el compliment de normatives o d'especificacions. És perfectament factible incrustar els plecs de condicions en els objectes del model (especialment si es fa a través de codis d'enllaç amb bases de dades externes) per a que no hi hagi cap vacil·lació posterior a l'hora de tractar aquest tema. De fet, els documents de plecs de condicions que se solen emprar actualment poden veure's superats per models tridimensionals que informin a l'interessat de les característiques que ha de tenir cada objecte que es visualitza.

Aquestes aspiracions d'incrustació del coneixement es beneficiarien d'un sistema de codificació estàndard que permetés la lectura d'aquesta informació per a qualsevol eina interessada.

Actualment n'hi ha diversos, com ara el sistema Uniformat o Masterformat (o el nou Omniclass) però cada empresa o institució del planeta sembla preferir emprar-ne de propis, cosa que dificulta enormement la inclusió d'aquesta informació per part dels industrials. Per exemple, la nomenclatura dels bancs de preus i plecs de condicions de l'Itec és diferent a la de Cype o a la de qualsevol altre.

El qualsevol cas, sembla que actualment la tendència és la de millorar la interoperabilitat entre aplicacions i la capacitat per a editar de forma massiva les dades incrustades en els objectes. Per tal de, almenys, poder gestionar el coneixement propi de la firma de manera eficaç.

· **Representacions no modelades**

Fins ara hem repetit que el principal objectiu de l'usuari d'una aplicació BIM no és elaborar plànols sinó modelar la informació del projecte més enllà del que es pugui expressar com document imprès. Quan es treballa amb una eina de CAD literal, es creen els diversos models amb el nivell de detall i grafisme necessari per a desenvolupar l'edifici però, més tard, cal adequar-los als requeriments de la seva publicació impresa. Així, s'haurà de procurar que el nivell de detall sigui més o menys homogeni i acord amb l'escala de representació. També determinats elements, com ara les trames i els textos, hauran de ser adaptats a cada escala d'impressió. En canvi, quan es treballa amb una aplicació basada en objectes, és defineixen les seves qualitats gràfiques en cada vista que se n'extreu. Aquesta informació s'incrusta en l'objecte però també pot ser pròpia de cada vista (per superposició de paràmetres). Algunes aplicacions de CAD literal ja gaudeixen de prestacions similars, però per a les BIM és un fet natural.

Per això, el control del grafisme de la visualitzacions que genera l'aplicació resulta de gran importància, ja que és el mecanisme que empra l'usuari per a mostrar informació molt diversa d'un mateix objecte al llarg de diverses vistes. Per exemple, un mateix tancament pot mostrar-se com una sola línea gruixuda en un esquema de circulacions i com un element constructiu amb totes les seves capes en una planta detallada. Això és possible gràcies a que aquest element s'ha creat en base a les seves característiques fonamentals (gruix, capes, alçada, materials, etc) i no en base al seu grafisme.

En les aplicacions BIM hi ha una separació entre la capa de visualització i la del modelat de la informació. Així, cada visualització es crea independentment en funció de les dades dels objectes i de la seva pròpia configuració. De fet, tots els objectes BIM disposen de paràmetres referits específicament a aquest tema que poden ser sobreescrits o no per a cada configuració de la vista, la qual en sí mateix és paramètrica. Naturalment, la flexibilitat d'aquest sistema és molt major que la de les aplicacions de CAD convencionals, tant pel que fa a la representació de la informació com a la seva visualització, que es pot adequar a les necessitats projectives de l'arquitecte amb independència de les documentals.

Aquest és un plantejament que comparteixen les aplicacions de disseny industrial i les de modelat tridimensional avançat, ja que és més eficient treballar conservant l'estructura dels models i configurar la seva aparença, que adequar a cada moment la primera a la segona, com forcen a fer la majoria d'aplicacions de CAD literal (com ara AutoCAD), si obviem algunes

característiques com el control independent de la visualització d'alguns paràmetres o el sistema de conservació de l'històric de primitives en el modelat de sòlids.

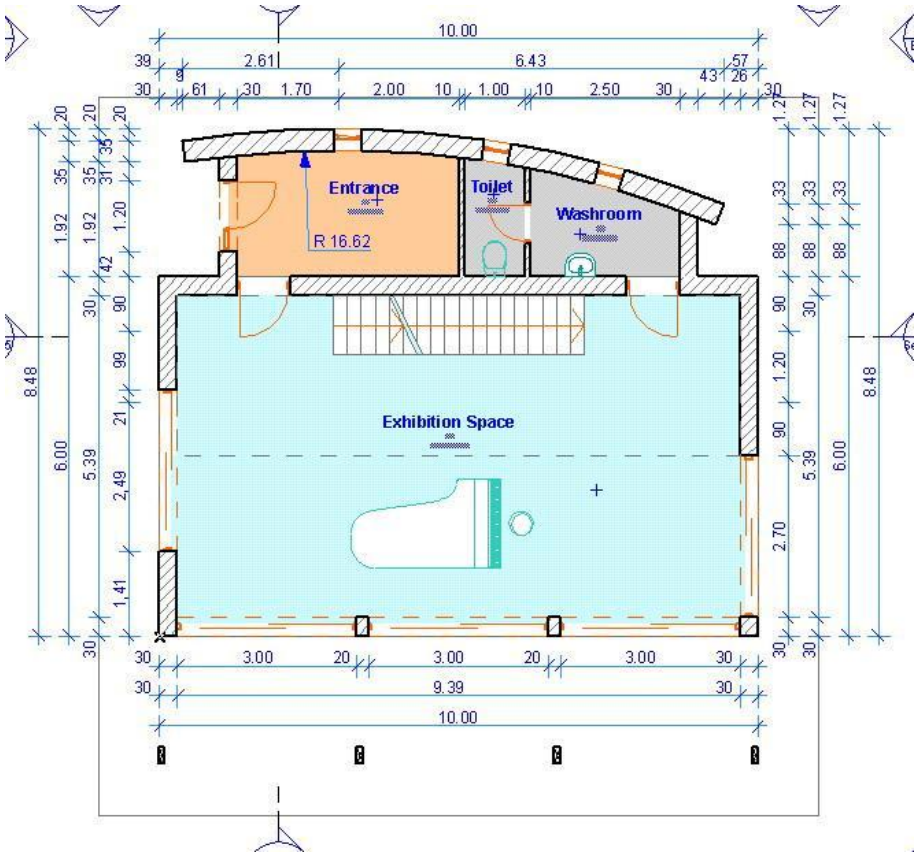


Fig. 3.17. Representació d'una planta amb tramats i cotes. Es grafisme s'adaptarà a la escala de visualització. En la majoria d'aplicacions de CAD Literal actuals, això implicaria modelar una representació diferent d'aquest aspecte per a cada escala. Per altra banda, tots els objectes estan vinculats, de tal manera que qualsevol canvi en un d'ells afecta als que s'hi relacionen. Graphisoft ArchiCAD.

Per altra banda, independitzar la visualització del modelat geomètric és també més eficient des del punt de vista del rendiment computacional, ja que fa possible mostrar més detall del que realment hi ha modelat geomètricament. Un cas típic és els dels tancaments o forjats compostos de vàries capes (estructura, acabats, cambres d'aire, etc). En realitat, el model tridimensional està format per simples prismes seguint la seva envoltant, però, quan es seccionen, emergeix la visualització de les capes interiors, fet que ens fa creure que estan tridimensionalment modelades. Però això seria molt poc eficient ja que estaríem arrossegant contínuament informació que la majoria dels casos no es mostraria. En comptes d'això, el que es fa es generar automàticament la visualització corresponent a la secció del model en aquell punt. Les seves capes s'han representat en el model com a dades inherents al tancament, no com a grafisme, i per aquesta raó poden ser visualitzades de maneres diferents i en qualsevol punt de l'edifici. És un bon exemple de com el BIM empra informació formal no modelada geomètricament amb finalitat gràfica. No ha estat dibuixada prèviament, sinó que es genera automàticament per a l'ocasió, permetent a l'arquitecte comprovar i explicar el funcionament intern de les diverses capes (disposició relativa i gruix). Naturalment, és possible dibuixar manualment aquests detalls gràfics, però conceptualment parlant, el més interessant és que

aquestes es generin a partir d'especificacions de disseny, ja que llavors formaran part del coneixement incrustat en el projecte arquitectònic.

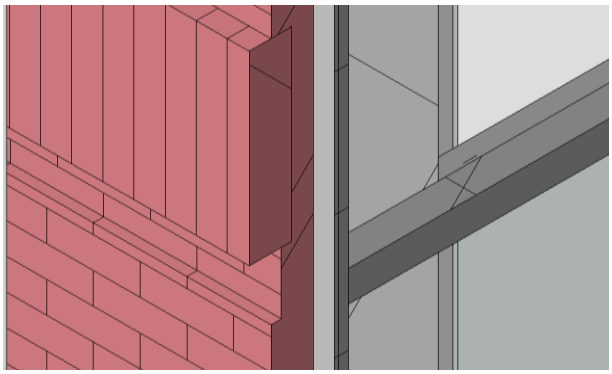


Fig. 3.18. La paret no està modelada en les seves 6 capes ni el forjat en les seves tres, sinó que s'autodibuixa la seva representació seguint la jerarquia indicada (el paviment arriba al nucli de la paret). Es tracta doncs, d'una visualització.

Aquesta optimització dels recursos va a favor de la qualitat gràfica i expressiva de la documentació, la qual havia quedat molt minvada en els últims anys a causa de la falta de formació dels delineants i de l'exigència creixent de productivitat. Així, els tramats ratllats de les parts seccionades, els alçats amb ombres o els textos correctament dimensionats han anat desapareixent. Amb les aplicacions BIM aquests recursos tornen a estar a l'abast, doncs pràcticament no consumeixen temps extra i obren noves possibilitat expressives.

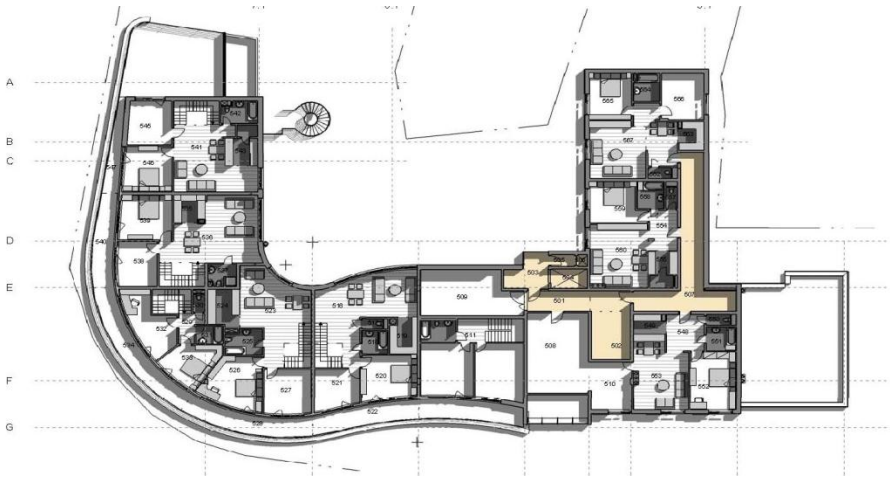


Fig. 3.19. Representació d'una planta amb valor de línia i amb obres projectades. Qualsevol moviment dels tancaments es reflectirà també en les seves ombres. Autodesk Revit.

· El detall més enllà del BIM

El nivell de detall de la informació formal que pot emmagatzemar un model paramètric és limitada i encara cal recórrer als clàssics detalls constructius per a descriure l'objecte arquitectònic a nivell de fabricació. De moment, el model tridimensional paramètric pot arribar a un nivell de detall molt adequat per a visualitzacions fins a una escala de 1/20 aproximadament. Per altra banda, a una resolució major, la quantitat de relacions entre els objectes que hi

participarien faria el modelat de la seva informació excessivament complex ja que entrarien en joc les petites peces que formen els elements arquitectònics.

A la pràctica, això concorda amb el grau de desenvolupament d'un projecte arquitectònic actual, ja que la majoria d'encontres entre les peces petites no s'especifiquen, doncs seran encaixades per aquells que les muntaran en l'edifici construït. Així doncs, els clàssics detalls constructius bidimensionals segueixen essent vigents sota la Tecnologia BIM, especialment si tenim en compte que la majoria dels detalls tenen més la funció d'apuntar intencions constructives en localitzacions molt determinades del projecte que no pas la de definir el seu muntatge amb absoluta fidelitat. Per això, de moment no sol ser necessari ni procedent augmentar més la resolució de la informació paramètrica de l'edifici. Aquest escenari pot canviar a mesura que el contractista intervingui en les fases de disseny, ja que serà possible conèixer amb exactitud les especificacions detallades de molts dels components que s'empraran i es demandaran sistemes paramètrics per a descriure el seu assemblatge.

Per altra banda, els detalls constructius literals permeten descriure correctament aquells elements que no s'han pogut modelar convenientment amb elements paramètrics. Per posar un exemple, pot resultar més útil modelar la informació de la barana d'una escala de manera aproximada per a que aparegui a la documentació de tot l'edifici i després detallar la seva composició amb un detall constructiu (bidimensional o tridimensional).

Tot això no vol dir que les capacitats BIM no es puguin aplicar en aquest camp. La majoria de components que participen en un detall constructiu són perfectament parametritzables tant en les seves característiques formals com qualitatives. Així, un maó no seria un rectangle amb una trama, sinó que es tracta d'un objecte bidimensional amb unes mides que es poden canviar de manera automàtica i amb una anotació assignada. És absurd dibuixar i anotar manualment elements que es repeteixen en diferents detalls i que sabem que es tracta de la mateixa peça.

Finalment, la informació gràfica desvinculada també pot servir per modificar certes representacions automàtiques del model de tal manera que s'ajustin als nostres desitjos i vincular-los a determinades posicions en el model.

· Lliuraments

Fins fa ben poc, el més habitual era lliurar la documentació que descrivia el projecte en format imprès. Actualment, tot i la gran ineficàcia d'aquest sistema per a comunicar idees es segueix emprant massivament, especialment per les administracions, que semblen tenir una especial predilecció per acumular metres cúbics de paper enquadernat. Aviat però, la majoria dels qui vulguin accedir a la informació de l'edifici preferirà un format digital, sobretot si pretenen analitzar les dades. Per això els lliuraments paral·lels en PDF s'estan tornant habituals. En especial són apreciats aquells que en un o pocs arxius contenen tot el projecte i estan indexats per a facilitar la cerca de les vistes desitjades. De fet un PDF d'aquestes característiques és el més semblant a un BIM convertit en un model literal.

Tot i que altres formats més comunicatius estan disponibles (PDF 3D i DWF), ja posats seria recomanable que els implicats poguessin accedir directament al model BIM amb eines de visualització adequades. De fet, algunes aplicacions i eines BIM permeten el seu ús gratuït com

a eina de visualització. És raonable pensar que, en un futur, es preferirà accedir directament a la informació continguda en els models en detriment de fer-ho a través de vistes estàtiques extretes a partir d'ells i que aquest accés podrà ser On-line.

3.2.5 BIM PER AL DISSENY INTEGRAT

El modelat paramètric permet, en teoria, relacionar entre sí aspectes molt diversos de l'objecte de disseny. En canvi, amb el modelat tradicional, al ésser parcial i molt especialitzat, aquesta prestació no és factible. Això obre les portes a la possibilitat d'integrar factors diversos en el procés de creació d'un edifici i, fins i tot, barrejar de manera objectiva mecanismes de disseny diferents. Per exemple, el modelat a sentiment d'un volum arquitectònic pot estar permanentment auditat per una anàlisi de superfície del seu sostre total i per l'impacte en la captació energètica dels seus veïns.

Per tant, la capacitat d'abstracció de l'arquitecte ja no és una limitació a l'hora d'integrar diferents punts de vista, encara que provinguin d'altres professionals, fet que permet que aquests participin en el disseny aportant el seu coneixement sense interrompre el procés. Naturalment, la facilitat amb que aquest concepte es pugui dur a terme a la pràctica dependrà en gran part de la capacitat que tinguin els aplicacions i eines BIM emprades per a interactuar entre elles, però des del punt de vista del disseny dels processos de creació, aquesta perspectiva sempre hauria d'estar present.

· La integració entre el disseny i la construcció

Des del Renaixement, el disseny i la construcció han estat separats. L'especialització de les tasques ha fet que els dissenyadors i els executors de l'obra es distribueixin en dos gremis que es comuniquen poc i que solen mantenir una actitud bel·ligerant entre ells. Els primers, per exemple, es queixen que la documentació que generen no és tinguda en prou consideració pels segons, i aquests, que els dissenys d'aquells són difícilment executables.

Ambdós vàndols tenen la seva part de raó. Al contrari que en d'altres sectors industrials, hi ha molt pocs controls de qualitat reals en la fase de disseny i una quasi nul·la prototivació, cosa que origina problemes el a la fase d'execució. Els actors d'aquesta fase, per la seva banda, desconeixen les raons que han dut a una determinada opció constructiva i, per tant, no solen aplicar els criteris que estaven previstos.

Cal doncs integrar els executors de l'obra en el procés de disseny, en especial els més industrialitzats, per tal de planificar la construcció de l'obra i reduir el més possible les diferències entre el model constructiu i els models de fabricació que elaboren (o improvisen) els industrials. Casos típics són els de les fusteries. Els fusters solen prendre mides in situ i fan els seus propis plànols per a construir aquests components, ja que els detalls constructius que ofereixen els arquitectes no els són útils al cent per cent. En canvi, l'arquitecte podria integrar els models de fabricació dels fusters en els seus dissenys per a que aquests poguessin fabricar els seus productes a partir de la documentació del projecte. Es tracta de canviar objectes amb nivell de detall constructiu per altres amb un nivell de detall de fabricació. Els beneficis són els habituals: més confiança mútua, menys errors i menors temps d'execució.

Òbviament per aconseguir-ho cal integrar aquest gremi en les fases de disseny, cosa que implica un model de contractació molt col·laboratiu que permeti escollir-los en fases molt primerenques. Aquesta elecció s'haurà de fer basant-se en experiències anteriors o en pressupostos orientatius inicials. Caldrà convèncer, doncs, al promotor de les bondats de tenir-ho tot lligat de bon principi. A diferencia del que passa amb la pràctica tradicional, on el promotor ha d'escollir un pack (el del contractista i els seus subcontractats) sense gaire dret a jugar amb els preus que aquest imposa. En canvi, amb un mode de contractació integrador encara hi ha temps per a buscar alternatives si les solucions ofertes per algun dels industrials no convencen a totes les parts.

La Tecnologia BIM té un gran potencial en el camp del disseny en base a components prefabricats, que són els que s'empren de manera cada cop més assídua. No estic parlant només de sistemes prefabricats complets, sinó de tots aquells elements arquitectònics que es manufacturen prèviament.

Un cop preses les decisions, cadascun dels sistemes arquitectònics que han de conviure plegats en un edifici han de ser detallats per tal de poder acabar especificant les seves característiques i muntatge. El model, doncs, guanya en complexitat ja que el nombre d'objectes que cal elaborar s'ha d'acostar en gran mesura a les unitats constructives que s'empraran. Així, caldrà modelar tancaments, fusteries, elements estructurals, aparells d'instal·lacions, mobiliari, etc.

Aquesta evolució s'expressa en l'augment del nivell de detall dels objectes. Tal com es fa quan s'usen eines de representació literal, es va afegint complexitat als objectes a mesura que es va concretant. La diferència és que no s'afegeixen més línies, sòlids o superfícies al model, sinó que s'augmenta la quantitat i concreció de la informació continguda en els seus components. Per exemple, al principi no és necessari que els murs tinguin definides totes les capes i les obertures emprin un disseny complex. És molt més senzill emprar entitats senzilles primer i després canviar-les per a afegir-hi detall. Sovint, s'aprofitaran els mateixos objectes tot modificant-los, però en altres ocasions valdrà més afegir famílies al model. Un dels grans avantatges del disseny a través d'objectes és que qualsevol modificació aplicada a un tipus d'objecte, es propaga a tots els membres de la família i aquesta característica també resulta molt útil quan es desenvolupa un projecte.

Per altra banda, s'haurà de fer efectiu un canvi de mentalitat en els dissenyadors atès que hauran d'aprendre a de ser molt rigorosos en la construcció del model, ja que, per definició, no podrà ser incoherent. Si hom vol que tal objecte sembli que és de tal manera, haurà sempre d'interntar construir-lo com a tal. Aquesta és una actitud que pocs arquitectes tenen i que és indispensable per a treballar amb objectes. Per això, totes les aplicacions BIM tutelen la construcció de la base de dades del model, tot automatitzant diversos aspectes, com ara la jerarquització dels objectes, la seva ubicació en l'espai (en cadascuna de les plantes de l'edifici, per exemple) o la utilització de capes (o qualsevol altra sistema de classificació que en permeti el control d'objectes segons la seva categoria). D'aquesta manera, s'aconsegueix que l'elaboració d'un model format per infinitat d'objectes interrelacionats pugui mantenir sota control amb un nivell d'esforç raonable. Val a dir que també hi ajuden els sistemes elaborats de visualització, que permeten editar el model des de vistes sintètiques.

No obstant, les operacions de modelat han de ser apropiades i precises, ja que, en cas contrari, l'eficàcia del model es veuria disminuïda. Això fa que la tasca mateixa del modelat esdevingui una activitat intel·lectual i no rutinària, exigint una millor formació del seu creador.

· Informació sempre actualitzada

Com que el model és únic o són diversos de coordinats, sempre s'està editant l'origen de tots els productes que se n'extreguin, amb la qual cosa sempre estaran actualitzats. Això és essencial, ja que, un cop es té un model desenvolupat, qualsevol canvi no implica refer tota la documentació afectada de forma manual, tal com passa amb les eines de CAD literal, cosa que estalvia temps i n'assegura la fiabilitat. D'aquesta manera, tots els col·laboradors poden estar al corrent de l'evolució del disseny, encara que no treballin amb aplicacions BIM. Per altra banda, el ventall d'eines de comunicació serà molt més flexible, abandonant progressivament les representacions bidimensionals en pro d'accessos directes al model o a exportacions tridimensionals d'ell.

· BIM multidisciplinar

Cada sistema arquitectònic (tancament, estructura, instal·lacions, etc.) ha de ser desenvolupat per especialistes que solen ocupar-se d'unes poques àrees en concret. Així, hi haurà professionals que s'ocuparan del disseny de les instal·lacions de climatització mentre que d'altres desenvoluparan les elèctriques o calcularan l'estructura de l'edifici. Com més gran o complex és l'edifici, més especialistes independents entren en joc. Això sense comptar amb els consultors que aconsellen als dissenyadors d'una o altra disciplina sobre temes concrets. De tots ells, els arquitectes són els que solen assumir en solitari la responsabilitat de que tot plegat casi amb un disseny espacial concret.

L'objectiu de les aplicacions BIM es la d'oferir una plataforma multidisciplinar on l'edifici quedi descrit en tots els seus aspectes a través d'una base de dades. El model arquitectònic hauria de poder ser consultat i treballat per tots els que intervenen en el seu disseny, construcció i posterior ús. D'aquesta manera, la responsabilitat de la coordinació entre els sistemes podria compartir-se entre els que els desenvolupen. El problema és que les eines que empren els especialistes de cada disciplina són específiques i tenen unes funcionalitats i necessitats diferents Es tracta d'un entorn multi plataforma i multi software que ha de treballar coordinadament. Per aquesta raó, el tema de la interoperabilitat es tan important i alhora tan difícil de resoldre (veure capítol 2). Actualment tot just comença a donar resultats satisfactoris en determinats fluxos de treball (Arquitectura – Estructura, Arquitectura – Instal·lacions), però és previsible que la situació millori en el proper lustre.

No obstant aquestes dificultats, la gestió del projecte com una base de dades unitària facilita enormement el treball en equip sobre un mateix projecte, encara que els seus membres treballin disciplines diferents. Tot i que val a dir que cal establir igualment protocols per que pugin operar sense interferir-se ni perjudicar-se entre sí, ja que hauran de compartir el mateix espai digital.

En aquest moments la implementació de la Tecnologia BIM en l'àmbit del disseny arquitectònic és encara incipient i molt desigual. Ens podem trobar amb els següents escenaris, començant pel més comú i acabant pel que hauria de ser l'ideal a perseguir.

- ***Totes les disciplines es desenvolupen amb eines de CAD literal.*** És la situació actual de la majoria dels despatxos, tant la disciplina d'arquitectura com la de disseny mecànic (instal·lacions) o estructural es treballen amb eines de CAD literal.

  En primer lloc, els membres d'una mateixa disciplina pateixen algunes dificultats al haver de repartir-se el model en funció de les representacions amb que treballen, ja que no poden treballar simultàniament amb el mateix model. Per això, l'estructura del projecte s'ha de fraccionar en múltiples documents, per a que siguin accessibles. La coordinació entre els diversos models s'ha de fer manualment tot interpretant els canvis que hagi generat un altre membre, fet que sovint porta a errors.

  El mateix passa quan es col·labora amb membres d'altres disciplines: Se'ls hi entreguen arxius amb models que han de ser interpretats i processats per a que puguin extreure'n la informació necessària per a crear els models que necessiten. Per exemple, els calculistes de l'estructura hauran de crear models diferents als que els ofereix l'arquitecte, però ho faran en relació a la informació que els enviï. Un cop calculada l'estructura, el procés s'invertirà i es repetirà el cicle cada cop que hi hagi una modificació important des de qualsevol de les dues disciplines. Els problemes d'aquesta tècnica van des d'errades d'interpretació de la documentació a dificultats de coordinació, passant per una gran ineficàcia en la transmissió de la informació i en la generació de models adequats.

  En algunes ocasions, part de les representacions literals són utilitzables per a altres disciplines, com per exemple les plantes d'arquitectura sobre les que s'indica el recorregut de les instal·lacions. En aquests casos la situació millora ja que es possibilita que almenys les dades compartides s'actualitzin dinàmicament (emprant referències externes), però les mancances en la interpretació i la interacció bidireccional entre disciplines romanen intactes.

- ***La disciplina arquitectònica es treballa amb BIM mentre la resta es desenvolupa amb eines no compatibles.*** Seria el cas d'un despatx d'arquitectes que migra cap al BIM mentre que els seus col·laboradors segueixen treballant amb eines de CAD o especialitzades en determinats càlculs. Es tracta d'un escenari força proper, doncs molts dels tècnics que col·laboren amb els arquitectes empren eines que no són capaces de connectar-se de manera efectiva amb la base de dades l'aplicació BIM que empren els arquitectes. Els problemes de comunicació amb altres disciplines són comuns al cas anterior, però almenys la feina del despatx es fa de manera eficient i coordinada. Tots els membres de l'equip d'arquitectura editen el mateix model global escollint en cada moment quines parts volen editar. L'estructura documental és senzilla i coherent. Per a comunicar-se amb els col·laboradors, cal exportar el model en forma de diverses representacions amb les característiques apropiades per al destí que tenen. Tret de la de feina de configurar inicialment els exportadors, la seva extracció no representa un esforç extra per a l'equip, perquè s'obtenen directament del BIM. A més, poden oferir al

col·laborador tantes vistes com desitgi o respondre a necessitats posteriors (noves seccions, per exemple) de forma quasi immediata. De fet, el model BIM contindrà conjunts de vistes específiques per a ser compartides amb els col·laboradors, amb el grafisme, format i capes que ells necessitin.

En direcció contrària, els canvis que afectin a l'arquitectura dels edificis hauran de ser transmesos manualment, però les actualitzacions seran molt més ràpides i segures, ja que es faran directament sobre el model BIM, de tal forma que tota la documentació i la informació del projecte restarà actualitzada. Per exemple, si el calculista de l'estructura canvia la posició d'un pilar, només caldrà editar la serva representació en el model BIM, modificació que es veurà reflectida a totes les plantes que s'hagin creat, inclús a aquelles que vagin a parar a altres col·laboradors, que podran compatibilitzar els sistemes que desenvolupen amb els que ha dissenyat el calculista. El model BIM actua doncs com una eina de disseny i coordinació que pot contenir entitats que repliquin elements d'altres disciplines.

No cal dir que aquest escenari és molt més productiu i rendible econòmicament que l'anterior, ja que la inversió de temps de totes les parts es veu molt reduïda. Per altra part, la necessitat de contractar delineats desapareix, ja que tota la feina de representació la fa l'aplicació. Sí que es possible que es prefereixi disposar d'un modelador BIM especialitzat que ajudi a construir la informació sota la supervisió dels arquitectes.

- ***La disciplina arquitectònica es treballa amb BIM mentre la resta es desenvolupa amb aplicacions compatibles***. Seria el cas d'un despatx d'arquitectes que empra Tecnologia BIM i que col·labora amb professionals que empren eines capaces de llegir la seva base de dades. Per exemple, l'arquitectura es realitzaria amb Allplan, el disseny d'instal·lacions amb qualsevol de les aplicacions de Cype, i el càlcul estructural amb Tricalc. Per altra banda, els amidaments els fan ells mateixos amb Presto o Arquímedes. També han trobat un infografista que treballa amb Cinema 4D. Aquesta és una possibilitat totalment factible des de fa només un any i escaig, fet que dóna una idea de l'actualitat d'aquesta tecnologia. Els escenaris d'interoperabilitat es van ampliant cada any, però actualment ja hi podem incloure les eines més emprades a Espanya. Amb un nivell encara incipient de connexió, això sí.

A part dels avantatges anteriorment comentats, s'hi afegeix el fet que els col·laboradors poden importar la informació que necessiten directament del model BIM, així que s'estalvien dues feines, la de crear noves representacions i la d'interpretar les originals. La informació és completa i sempre actualitzada, així que els errors d'interpretació es redueixen en gran mesura. L'augment de productivitat és dóna en els col·laboradors, però també en els arquitectes, que han de destinar molts menys recursos a tasques de coordinació.

Aquest escenari també contempla la realització de càlculs per al compliment del CTE (que solen ser molt tediosos de fer manualment) ja que existeixen aplicacions que els calculen (Cype Ingenieros en té) llegint les dades necessàries del model BIM, tot automatitzant el procés. De fet, l'única sortida a l'increment desmesurat de burocràcia que suposa el CTE

és l'automatització d'aquesta documentació, la qual és força discretitzable perquè depèn de variables objectives (encara que siguin arbitràries en la majoria dels casos).

· ***Tots els membres empren aplicacions BIM i software compatible.*** Actualment, ja és possible desenvolupar les tres disciplines principals de l'edificació sobre un mateix model BIM, ja que les suites d'Autodesk, Nemetschek, Bentley i Digital Project disposen d'especialitzacions a tal efecte. Tots els membres de l'equip treballen sobre un mateix model que conté tota la informació, de tal manera que poden interactuar entre ells. Això es pot donar en el si d'una empresa dedicada al disseny d'arquitectura on hi treballin professionals de totes les disciplines. De fet, és una opció molt recomanable si es dóna aquesta situació, doncs totes es beneficien del potencial de la tecnologia d'objectes.

Com que la Tecnologia BIM permet l'accés multiusuari, fins i tot, des de localitzacions remotes, aquest model es pot aplicar encara que els col·laboradors siguin externs a l'empresa. Això es perfectament possible, ja que els enginyers o arquitectes especialitzats en el disseny d'instal·lacions o d'estructures ja empren, de fet, aplicacions basades en models tridimensionals formats en objectes més o menys paramètrics. El que passa és que són coordinats emprant exportacions literals que són enviades als que s'ocupen de l'arquitectura. En canvi, si empressin aplicacions BIM especialitzades, la seva connexió amb els models arquitectònic seria interactiva. És raonable, doncs, pensar que tard o d'hora també faran el pas cap el BIM.

No obstant, aquest plantejament també admet l'existència d'alguns subprocessos que hagin de ser realitzats amb aplicacions més o menys compatibles, com per exemple, l'elaboració d'imatges fotorrealístiques.

En qualsevol cas, la idea subjacent és la d'aconseguir els cicles d'interacció més curts i fiables possibles, de tal manera que no es perdi temps degut a endarreriments o asincronies en l'actualització de les dades.

· Gestionar el projecte

Paral·lelament a tota activitat professional complexa, hi ha una sofisticada activitat de gestió de la informació. És la feina que tradicionalment han dut a terme els CAD Managers. Per desgràcia, en el nostre país es tracta d'una figura molt poc coneguda a pesar que reporta enormes beneficis a les empreses que en disposen. Quan s'empra Tecnologia BIM resulta totalment indispensable la seva presència, ja que és el responsable de que tota la infraestructura tecnològica funcioni correctament. A banda de gestionar, directa o indirectament, el hardware i el software, també s'ocuparà de millorar els processos de disseny amb CAD, de la gestió de les dades (integritat, seguretat, organització) i de la formació dels usuaris per a que tot plegat sigui possible.

La bona noticia és que la Tecnologia BIM automatitza molts dels aspectes que s'havien de controlar manualment, com ara el control del grafisme, la ubicació de les dades, la interacció entre diferents usuaris, etc. No obstant, també comporta noves necessitats que tenen a veure amb la gestió del modelat BIM en sí i que comporten l'aparició d'una figura anomenada BIM manager. En principi, serà el mateix CAD Manager el que podrà encarregar-se d'aquesta tasca,

en veure's alliberat d'alguns dels seus anteriors afers. En altres casos però, especialment en projectes amb un gran nombre d'entrevinents, caldrà un professional amb especial dedicació (veure tema 3.3).

Una altra qüestió és la gestió de l'evolució del projecte en sí. El Project Manager farà la seva feina habitual però haurà de coordinar-se amb el BIM Manager per a controlar el desenvolupament del projecte. Modelar un BIM és un procés constructiu en sí mateix que avança a mesura que ho fa el disseny de l'edifici.

· **Dirigir l'obra**

La Tecnologia BIM també aporta beneficis a la direcció facultativa al poder comptar amb els models d'informació com una referencia constant i centralitzada per a tot el procés de construcció. El model tridimensional i la facilitat per a extreure'n qualsevol mena de vistes, seran de gran utilitat a l'hora d'explicar aspectes concrets del projecte que no hagin estat descrits anteriorment. Per exemple, si es necessita una nova secció per alguna raó, es pot generar directament a l'obra. El model BIM esdevé un model de verificació de la construcció i per aquesta raó haurà de contenir la informació necessària per a tal missió, com ara els eixos de replanteig o els detalls dels punts especialment crítics.

El contractista també en surt beneficiat en aquesta fase, ja que per altra banda, el disseny descriptiu precoç previ permet fer amidaments acurats i gestionar els stocks de materials de l'obra de manera eficient. Així, quan el contractista du vàries obres alhora, pot planificar amb exactitud les remeses necessàries en cada moment i comptar amb que el nombre d'imprevistos serà menor.

Per altra banda, elaborar els estats finals d'obres ja no serà una tasca tan carregosa, ja que és perfectament factible anar actualitzant el model a mesura que es fan canvis en la seva execució Així, en acabar l'obra, es pot entregar tota la documentació actualitzada al client sense temps d'espera, ja que s'haurà anat modificant de manera automàtica al mateix temps que s'editava el model BIM. En relació a això, cal recordar que el CTE exigeix que s'entregui a l'usuari documentació complerta de l'estat final d'obra, que inclou plànols en planta i alçat de totes les instal·lacions. Actualment aquesta norma s'aplica de facto amb laxitud, ja que tal cosa no és viable amb la tecnologia tradicional.

3.2.6 CONCLUSIONS

A pesar de tot l'explicat sobre la idoneïtat del BIM com a eina de disseny, la principal pregunta que es farà el lector és si, en definitiva, aquesta mena d'eines l'ajudarà a fer millor arquitectura. La productivitat en sí no representa un valor afegit per a la majoria d'arquitectes, però la qualitat dels seus dissenys sí. Aquest anhel coincideix amb el de la resta dels implicats. Tots esperen que els dissenys de l'arquitecte siguin estètics i que funcionin bé, però també que siguin econòmicament viables i estiguin lliures d'errors. La Tecnologia BIM pot contribuir a incrementar la solvència dels arquitectes en els aspectes on tradicionalment flaquegen, però no de forma unilateral ni de manera gratuïta.

Mentre que la resta de productes d'ús universal s'ha industrialitzat, l'Arquitectura roman com una art plàstica quasi completament artesanal des de la seva ideació fins a la seva construcció. El problema és que cada cop més ha de complir requisits que l'acosten als productes industrials, cosa que posa en crisi tot el seu sistema de producció. Els edificis són elements caríssims, que ofereixen uns estàndards de qualitat i garanties molt baixos si els comparem amb productes industrials de preu molt inferior. Per alta banda, si es mira l'evolució dels productes industrials en front dels artesanals, podrem observar com el primers han aconseguit en un segle evolucionar fins a aconseguir un promig de qualitat estètica i funcional més que notable. Els dissenyadors industrials són capaços de produir objectes de gran bellesa, que alhora interiorment funcionen com a complexíssimes màquines projectades per enginyers. És innegable que això ha estat possible gràcies a la tecnologia paramètrica i a la producció en sèrie, factors que no han exclòs el bon disseny ni amb els bons acabats, tal com auguraven alguns a principis de segle. De fet, és molt possible que d'industrialitzar-se realment l'arquitectura, els usuaris, un cop garantits uns certs estàndards de qualitat, acabin decidint la seva compra per criteris estètics i funcionals, tal i com passa amb la resta dels productes del mercat i tal i com desitjarien els arquitectes.

Sembla doncs que, per tal que la Tecnologia BIM pugui donar el millor de sí, cal que l'Arquitectura s'industrialitzi en major grau en totes les fases del seu cicle de vida, tot i que permet començar a gaudir les avantatges d'aquest món en un context poc industrialitzat.

Fig. 3.20. L'antiga Ducati Monster és un clar exemple de conjugació entre disseny i indústria. El seu plantejament minimalista i l'expressivitat de l'estructura l'acosten al criteri de molts arquitectes contemporanis. Tot i que ergonòmicament no resulta excessivament funcional, és brillant en l'aspecte emocional, fet també habitual *en l'arquitectura "de disseny"*. Al contrari que aquesta, però, està a l'abast de la majoria de la població, doncs la producció en massa la fa assequible.

Per altra banda, no es poden atribuir totes les deficiències dels edificis al col·lectiu d'arquitectes, els quals continuen essent els professionals millor formats del sector de la construcció. La resta d'implicats contribueixen de forma constructiva a la millora del producte

final. Els usuaris finals tampoc ajuden amb la seva manca de criteri, però tot és una qüestió de temps que comencin a conèixer la diferència entre productes bons i dolents. Però la qüestió és que aquesta situació cada cop és menys sostenible i l'administració prova de redirigir-la a cop de normativa, que és el mateix que ha fet amb la resta de productes. Per la seva banda, els promotors també són ara més exigents en criteris de productivitat.

La Tecnologia BIM actual, havent superat les limitacions de disseny formal inicials, permet augmentar la productivitat dels processos de creació, cosa que du a una major inversió de recursos en el disseny en sí. Per altra banda, també treballa en la minimització dels errors i en l'optimització de la construcció, qualitat que acaba d'omplir l'altre vessant de la qualitat arquitectònica. Pel que fa l'usabilitat de les aplicacions i eines BIM, la falta d'interactivitat i de fluïdesa de les aplicacions de fa uns anys s'ha esvaït i l'ús de BEM ben desenvolupats, no pot fer sinó facilitar la creació en sí. El que sí que es cert és que el procés de disseny sota aquests paràmetres es sofistica molt en comparació a l'ús d'eines tradicionals. La creativitat hi segueix tenint cabuda, però no sota uns mecanismes tan viscerals sinó més planificats. L'experimentació formal d'un objecte paramètric requereix més temps de preparació, però el seu resultat és infinitament més potent.

Finalment, cal tenir en compte que les atribucions que rebrà l'arquitecte per la seva feina hauran de canviar a mesura que la Pràctica Integrada i la Tecnologia BIM vagi estenent-se. Per una banda, el valor afegit de la seva feina es repartirà de manera diferent al llarg del cicle de vida de l'edifici; canvi que haurà d'anar acompanyat de noves aptituds i competències laborals. Els arquitectes podran oferir nous serveis fins ara ignorats per aquest col·lectiu. Alguns estaran relacionats amb formes pioneres d'entendre el disseny; d'altres, s'originaran de les noves necessitats que sorgiran arrel d'aquests canvis.

Però tots aquest canvis precisen d'un canvi en la formació de l'arquitecte que doni més pes als temes relacionats amb l'ús de les eines de disseny i de gestió del projecte i de la seva execució. Les institucions han de recolzar aquesta evolució, ja que l'eina fa la manera de pensar i la manera de pensar, l'eina. S'ha de tenir en compte que, tradicionalment, els arquitectes sempre han estat reticents als canvis tecnològics derivats de les TIC, a causa de la por que tenien, i tenen, que l'automatització dels processos de creació contribueixi a la mediocritat de la producció arquitectònica. No és una tendència fàcil de revertir, especialment tenint en compte que la resta d'implicats encara pateixen d'un desconeixement més gran en aquest sentit.

3.3 IMPLEMENTAR LA TECNOLOGIA BIM

Emprar Tecnologia BIM té molts avantatges per a tots els implicats i especialment, pers als arquitectes, els quals són els principals responsables que el projecte d'edifici arribi a bon port. Per a aquest gremi, les següents prestacions del modelat d'informació serien les més rellevants:

- Obtenció d'informació i documentació coordinades.
- Disseny interactiu. Models que simulen la naturalesa de la construcció.
- Disseny col·laboratiu coordinat.
- Detecció automatitzada d'interferències entre sistemes arquitectònics.
- Possibilitats il·limitades d'anàlisi de la informació.
- Major productivitat.
- Major precisió del disseny. Menys errors.
- Millora en la divulgació de les especificacions del producte.
- Per tot l'anterior, obtenció de millor disseny.

Tot això no es pot aconseguir sense cap esforç. Cal invertir recursos en formació, però també cal assumir els costos de la implementació d'aquesta tecnologia. El canvi més difícil és modificar la mentalitat dels usuaris, ja que no sols hauran d'assolir nous coneixements, sinó que hauran d'aprendre a treballar i a pensar de forma diferent tot obtenint resultats inèdits. La Tecnologia BIM té un potencial que cal saber explotar per a treure'n el màxim profit i vendre per a vèncer la resistència al canvi de caps i usuaris. Tanmateix, tal i com passa amb la Pràctica Integrada en general, els beneficis afloren tan depressa que resulta senzill provar-los a poc que es tingui una mica de paciència.

3.3.1 MIGRAR CAP AL BIM

Hi ha una sèrie d'aspectes que cal tenir en ment quan s'escomet la migració cap el BIM per tal que no apareguin dificultats imprevistes que facin perillar el procés. Quan s'ha aprés a projectar amb eines de CAD Literal, començar a treballar amb noves eines que requereixen maneres de pensar diferents no és tasca fàcil. El més difícil és, sens dubte, acostumar-se a dissenyar amb una eina que no és capaç d'expressar cap element sense haver-lo definit prèviament (encara que sigui en un altre projecte). Abandonar el món de la representació ambigua com a eina per a desenvolupar el projecte arquitectònic, és un canvi cultural important. Emprant una aplicació BIM, per exemple, no té gaire sentit treballar el projecte des del virtuosisme de les seves vistes perquè es fa des de la descripció de les seves parts. A la pràctica, tots aquests canvis costen més d'explicar que de posar en pràctica i, superades les dificultats inicials, els usuaris aviat saben apreciar els seus avantatges si s'és capaç de transmetre'ls-hi els motius subjacents de tot plegat.

· Gestionar les expectatives

Enfront d'un canvi, cal tenir clar del què aportarà als què se'n beneficiaran i saber-ho transmetre per tal de no crear-los falses expectatives. Si ens deixem guiar pel que promulguen els distribuïdors de software i els teòrics del tema, ens podem fer una idea errònia de les possibilitats reals de les aplicacions i eines BIM actuals i, encara pitjor, vendre com a fets

tangibles coses que només són possibilitats futures. El més important no és saber si es pot fer una cosa, sinó com (facilitat, precisió, etc.) es pot fer. Per aquesta raó, és molt important que el responsable de liderar una migració tecnològica conegui molt bé les possibilitats de les eines que proposa i tingui una idea clara de fins on vol arribar amb elles. Aquesta informació ha de ser posada en coneixement dels directius de l'empresa, que són els únics que poden donar a l'implementador l'autoritat necessària per a conduir la resta de treballadors cap a la Tecnologia BIM.

Per tant, és de suma importància aconseguir gestionar eficaçment les expectatives dels usuaris i no donar la falsa imatge que tot serà molt mes fàcil i millor durant i després de la migració. En aquest aspecte, hi ha una sèrie d'actituds molt comunes en els usuaris que cal afrontar adequadament. La primera és la voluntat d'aconseguir els mateixos productes a pesar d'haver canviat de tecnologia. S'ha de fer entendre que amb una eina diferent s'aconsegueix un producte millor que oferirà noves prestacions però que potser n'haurà de deixar algunes pel camí. Un cas recurrent és el del grafisme. Es poden invertir molts esforços i dies de feina intentant aconseguir representar (ara visualitzar) de la mateixa manera els objectes arquitectònics, o admetre que les vistes que fàcilment es poden obtenir amb l'aplicació BIM que emprarem són igualment vàlides. Alhora, cal estimular als usuaris per a aprofitar possibilitats amb les que abans no contaven per a que el balanç final sigui sempre positiu en tots els camps. Un altre exemple d'això el podem trobar en les capacitats de modelat tridimensional. Un cop els usuaris s'adonen que han de modelar-ho tot tridimensionalment, comencen a preocupar-se sobre si tal forma o tal altre pot generar-se amb l'aplicació. Afortunadament el ventall formal de les actuals aplicacions BIM és prou ampli per a cobrir la majoria de necessitats; per a la resta de casos, s'ha de recórrer a eines específiques. La contrapartida didàctica rau en fer-los veure les dificultats de controlar amb rigor les formes lliures que anteriorment només descrivien parcialment amb representacions literals. Una de cal i una altra de sorra.

Un altre cavall de batalla és de la interoperabilitat. Mentre els distribuïdors i els desenvolupadors de software asseguren que les seves aplicacions es connecten amb una o altra eina o teoritzen sobre la transferència fluida i sense pèrdues de la informació, la realitat és una altra. Cal explicar als futurs usuaris les dificultats de tals operacions i les possibilitats reals de cada flux de treball en concret. Un cop acceptades les limitacions de cada cas, de ben segur que tothom sabrà apreciar les millores obtingudes. Compartir informació de bases de dades mai ha estat senzill, però també és cert que qualsevol connexió representa una gran aportació.

Finalment, cal deixar clar a tots els implicats, des dels directius de la firma fins als usuaris (passant per els Project Managers), que no es pot aconseguir res sense una prèvia formació i una preparació adequada del suport tecnològic (BEM, plantilles, emmagatzemant de dades, software, hardware, etc.)

· Limitacions en el modelat de la informació

Com qualsevol eina de modelat, les aplicacions BIM tenen algunes limitacions (cadascuna les seves) que poden dificultar l'establiment precís de les característiques d'un objecte determinat. D'entre elles, les que poden preocupar inicialment als arquitectes que comencin a emprar-les son les de caire formal. Naturalment, les eines de CAD literal també tenen dificultats en aquest aspecte, sobretot en el camp de la representació tridimensional (AutoCAD és força incompetent

en aquest camp), però cada cop abunden més les solucions que combinent un funcionament senzill amb unes prestacions elevades.

La solució passarà per la utilització de models literals importats o modelats in-situ. En cas de no ser capaç d'estudiar la proposta amb aquest mitjans, el més convenient seria adaptar el disseny a les possibilitats del software escollit. De fet, és el que passa amb el disseny industrial; arriba fins allà on les eines permeten el seu control. Amb el disseny arquitectònic no ens quedava més remei que abordar-lo des de perspectives molt limitades (representacions bidimensionals o tridimensionals literals), però ara amb la Tecnologia BIM és possible ampliar els horitzons del control real del projecte.

· Limitacions en les capacitats de visualització

Per a una aplicació BIM, la visualització del model és un mitjà de comunicació i no un fi en si mateix. Les possibilitats generals de representació de les idees de projecte de les aplicacions BIM són molt més elevades que les que poden oferir la majoria d'eines de CAD literal, però naturalment, no passa el mateix amb les possibilitats de visualització, doncs són discretes en les primeres i quasi infinites en les segones.

Amb una eina paramètrica es representarà sempre quelcom que tingui relació directa amb el model, cosa que no passa amb una eina literal. Aquest rigor és una de les seves principals virtuts, ja que no té res de bo, i es fa massa sovint, representar i després intentar construir quelcom que no s'ha pogut simular abans. En canvi, degut a que el grafisme és també paramètric, en alguna ocasió l'usuari haurà de conformar-se amb els criteris establerts per l'aplicació. En realitat, això no l'hauria de preocupar, ja que no en depèn per a dissenyar l'edifici, però al principi pot resultar difícil d'acceptar per motius culturals. També s'ha de tenir en compte que el criteri que s'ha de seguir és el d'emprar les visualitzacions adequades per explicar l'edifici, que poden ser moltes, i no limitar-se a unes poques molt treballades, ja que aquesta és la manera de treballar del CAD literal però no la del BIM. Cal recordar que el més important és la informació que es té i com està emmagatzemada.

Alguns fabricants quasi aconsellen l'exportació de les vistes a un programa de modelat literal per tal de retocar-les durant el procés d'adaptació a la nova tecnologia, però personalment opino que és força contraproduent perquè baixa encara més la productivitats dels primers mesos d'implantació i alenteix el procés de migració. Es tracta d'un argument principalment comercial que prova d'esvair les reticències del usuaris potencials, però no fa més que entorpir la plena assumpció dels principis del BIM per part dels usuaris.

· Necessitat de formació

La majoria dels arquitectes estan acostumats a emprar les seves eines a partir d'una formació autodidacta i insuficient. Malgrat això, no són conscients de la infrautilització de les seves eines de CAD i dels diners que els fan perdre. Quan s'empra una eina més sofisticada, la formació és indispensable, opció que, per una banda consumirà recursos, però per l'altra, resultarà tremendament beneficiosa; tant dels del punt de vista laboral com personal. De fet, molts dels requisits que té l'ús d'una aplicació BIM, com són l'ús de plantilles o la racionalització dels sistemes de representació i documentació són aplicables al CAD literal, però han estat força

menystinguts a causa de la baixa formació dels seus usuaris. Amb les aplicacions BIM, aquesta disciplina de treball resulta natural i indispensable.

Atès el baix nombre actual de professionals formats en l'ús d'aplicacions BIM, els despatxos tindran dificultats per trobar mà d'obra barata per a les tasques de construcció del model d'informació. Aquesta és una qüestió important, ja que molts d'ells depenen actualment d'estudiants d'arquitectura o arquitectes novells per suplir el baixíssim rendiment de les eines que empren. Hauran doncs de formar la seva pròpia plantilla o buscar entre la minsa oferta existent, si bé és cert que en els darrers dos anys el nombre de professionals que s'ha format en aquesta matèria ha augment considerablement, fet que pot facilitar la cerca degut a que encara les ofertes de treball per a ells són molt escasses. En qualsevol cas, la tradicional temporalitat i falta de compromís mutu es veuran reduïts. Òbviament, aquest circumstància té data de caducitat, doncs en el moment en què l'ús d'aquesta tecnologia s'universalitzi i penetri en les institucions educatives, el mercat tornarà ha estar saturat. És doncs un bon moment per a formar o formar-se en aquesta matèria.

Afortunadament el grau de complexitat de les aplicacions BIM no és gaire elevat,, sobretot si les comparem amb les paramètriques especialitzades. Un grau mig s'adquireix en uns tres mesos, i un d'alt en sis. Això vol dir que la migració completa pot dur, com a molt, un any.

· Especialització en la creació d'objectes paramètrics

A banda d'una plantilla amb un nivell de formació mig, és innegable que cada equip de treball ha de disposar d'un membre especialitzat en la creació d'objectes paramètrics, ja que, a pesar que les biblioteques poden ser àmplies i la creació de nous objectes senzilla en alguns casos, en d'altres requereix un nivell avançat en aquest aspecte. Donat que és un procés de modelat que ha de córrer en paral·lel al de la construcció dels sistemes arquitectònics, resulta molt aconsellable comptar amb aquesta figura professional.

Amb els temps, les biblioteques d'objectes paramètrics milloraran adaptant-se als usos de cada localització. En aquest assumpte tindrien molt a dir les institucions col·legials, que podrien facilitar enormement la feina als professionals, sobretot als emergents, tot facilitant biblioteques de qualitat i servint d'interlocutors entre els fabricant i els usuaris. No obstant, els BEM tenen la capacitat d'emmagatzemar el *know-how* de la firma i, per tant, acabaran esdevenint un valor exclusiu de la firma.

· Modelat exigent

Mantenir les prestacions de la Tecnologia BIM requereix que el seu modelat sigui coherent. Per això, cal que tots els membres de l'equip treballin amb pulcritud i sota uns mateixos criteris. Pot ser temptador, per exemple, començar a modelar representacions literals de determinats elements en comptes de parametritzar-los, però a la llarga resultarà contraproduent. Per altra banda, cal mantenir una homogeneïtat en la qualitat dels elements que conformen el projecte i en la nomenclatura dels seus paràmetres. Per això, la figura d'un BIM Manager es fa indispensable.

De retruc, el modelat exigent revertirà en un disseny constructiu més responsable i controlat, ja que el BIM és una simulació constructiva de l'edifici.

· **Disminució temporal de la productivitat**

Com és de suposar, els primers mesos d'implantació de la nova tecnologia, produiran un descens de productivitat, tant pel fet d'haver d'invertir temps en formació, com per la lentitud dels primers passos. No obstant les últimes experiències han demostrat que, amb una bona formació prèvia és possible posar en pràctica la implementació en qualsevol mena de projecte, ja que l'eficiència d'aquesta tecnologia dóna els seus fruits molt ràpidament, fins i tot en el primer projecte.

3.3.2 PLANIFICAR LA IMPLEMENTACIÓ

Tot procés requereix una planificació prèvia, i el d'implementació de la Tecnologia BIM en un despatx no n'és una excepció. La nova tecnologia requerirà formació, preparació dels recursos i protocols necessaris i l'aplicació de noves metodologies de treball. A més, tot això cal que es faci en paral·lel a l'activitat professional habitual. Per aquesta raó, cal elaborar un pla detallat de les operacions que caldrà dur a terme per a presentar-lo als directius de la firma. Ha de tenir una cronologia clara i una enumeració d'objectius a assolir després de cada etapa. Només d'aquesta manera s'aconseguirà que usuaris i directius es prenguin seriosament les tasques que hauran de dur a terme en els pròxims mesos.

El pla d'implementació haurà de preveure, com a mínim els següents passos:

- ***Donar màxima prioritat al procés de migració***. Sense aquesta actitud, es fàcil que el procés es dilueixi entre la voràgine del dia a dia. Per això cal el suport dels directius de la firma.

- ***Assignar un o més responsables de la implementació***. L'idoni seria que aquesta figura fos un CAD Manager.

- ***Preparar un programa de formació*** que interfereixi el mínim possible en el funcionament normal de l'empresa. S'haurà de treballar per a obtenir-ne les figures professionals del CAD Manager (si no se'n tenia abans), el BIM Manager, el Modelador BIM i l'assistent BIM. Més endavant s'expliquen les seves funcions.

- ***Preparar l'entorn tecnològic adequat*** (hardware, software, TIC i personal que se'n encarregui.

- ***Escollir el projecte*** amb el què es vol començar a treballar amb BIM. Establir fins a quin nivell i per a què es vol emprar aquesta tecnologia. Les possibilitats van des de modelats parcials en paral·lel a l'ús de les tècniques tradicionals fins a implementacions quasi completes.

- ***Establir protocols d'auditoria*** de la qualitat del model i del procés de migració.

- ***Estendre paulatinament l'abast de la implementació*** fent èmfasi en els processos de col·laboració entre diferents professionals

- ***Replanificar contínuament el procés d'implantació***, tot cercant noves fites en funció de les necessitats del moment.

És important entendre que el procés d'implementació es un procés relativament llarg que cal no abandonar a mig camí. Es fàcil caure en la temptació d'acontentar-se en un ús parcial de la tecnologia, però fer això seria desaprofitar l'enorme esforç que s'haurà fet per a arrencar el procés de migració. Un cop fet el pas, només es pot anar cap endavant, ja que la Tecnologia BIM està en continu desenvolupament, i l'actitud activa que es prendrà durant el procés no ha de ser abandonada mai si no es vol tornar a caure en l'obsolescència tecnològica.

· La mida de les empreses

Quan es planifica una implementació d'una nova tecnologia en un empresa, la mida d'aquesta és un factor a tenir molt en compte. En les grans firmes, encara que la implementació es faci equip per equip, la complexitat de la seva jerarquia sol fer més difícil la implicació de tot el personal en l'operació, especialment el directiu. La meva experiència com CAD Manager m'ha demostrat que resulta molt complicat fer cap canvi en la manera de treballar dels usuaris sense el recolzament explícit dels seus caps i l'autoritat que se'n deriva. Per aquesta raó, qualsevol pla d'implementació ha de començar per convèncer els directius.

Això fa que les implementacions siguin molt més senzilles de dur a terme en despatxos petits, on el marge de maniobra és més gran. Les empreses grans, per contra, tenen l'avantatge de comptar amb recursos financers més elevats que poden permetre fer grans inversions en hardware, software, formació o recerca. Els despatxos petits poden suplir la seva falta de recursos enviant els seus usuaris a fer cursos fora i contractar un servei de consultoria puntual. Els de mida més gran podran pagar-se formacions in-situ personalitzades i un servei de seguiment permanent durant els primers mesos de migració.

3.3.3 CONSTRUIR L'EQUIP DE TREBALL

La part més important de la implementació de la Tecnologia BIM és la que té a veure amb el personal que treballa a la firma. Al contrari del que es pugui pensar, l'increment de la productivitat que promet no implica necessàriament una reducció de la plantilla, sinó una transformació de la mateixa. Són necessàries noves aptituds, totes d'un caire més sofisticat que les anteriors. Aquesta transició inclou tant als membres amb més poder de decisió, els Arquitectes Senior o Directors de Projecte, com als que modelaran els BIM, coneguts com a Arquitectes Junior o Delineants Projectistes. Això és important perquè mentre els primers són els que acumulen l'experiència sobre la bona manera de fer dels projectes, els segons seran els que previsiblement executin la transició tecnològica condicionats per la visió que els primers tinguin de la qüestió. Acabin o no actuant directament sobre els BIM, si tenen una actitud proactiva seran capaços de liderar el procés i portar-lo cada cop més lluny. En cas contrari, la implementació fracassarà o es durà a terme limitadament.

· Noves figures professionals

Una qüestió és el ***perfil professional*** de l'individu, que descriu la seva formació, aptituds generals, grau de responsabilitat i capacitat de decisió que se li dóna dins d'un equip. Una altra, és la ***figura professional*** que desenvolupa, que es refereix a les tasques de les que s'ha de responsabilitzar. En arquitectura els perfils professionals més habituals són els d'Arquitecte Sènior, Arquitecte Junior, Delineant, Aparellador, Enginyer, etc. Les figures serien la de Directiu, Arquitecte Principal, Project Manager, Delineant Projectista, Aparellador, etc. Com veiem, normalment hi ha una correlació estable entre el nivell del perfil i el de la figura que se li assigna, però depenent de la estructura dels equips de treball podem trobar algunes distorsions. Per exemple, en empreses petites, no es estrany veure Arquitectes Senior fent també de Delineants o doblegant plànols. És una qüestió d'amortització del personal disponible.

La Tecnologia BIM precisa de la constitució de noves figures professionals. Algunes tenen relació amb antigues atribucions, d'altres responen a necessitats nouvingudes. De la plantilla existent, amb o sense aportacions exteriors, s'ha haurà d'aconseguir acabar amb quatre figures essencials, cadascuna amb una competència diferent:

- ***CAD Manager***. Es tracta d'una figura que ja hauria d'estar present en tots els despatxos des de fa temps. Es tracta d'aquell professional que s'encarrega que la infraestructura tecnològica de l'empresa funcioni correctament. Es dedica a la gestió del hardware i el software, de la documentació i dels processos de disseny en sí mateixos. Ha de tenir coneixements d'informàtica i de disseny arquitectònic. Per aquesta raó, el seu perfil professional derivaria d'un arquitecte o d'un enginyer. Si la firma no en tenia cap, ara és el moment de que algú n'assumeixi la responsabilitat.

- ***BIM Manager***. Seria el responsable de gestionar els processos de creació dels BIM. Fàcilment pot solapar-se amb les atribucions de CAD manager, però si bé el primer s'ocupa de l'entorn tecnològic en general, el segon s'especialitza en allò que ateny al BIM. Entre les seves tasques està la definició de les condicions de modelat, els processos d'intercanvi entre les diferents parts, la gestió de les llibreries, el treball col·laboratiu, etc. Per a tal missió no és necessari que tingui un gran domini de cap aplicació o eina en concret però sí de les estratègies necessàries per al seu bon ús. És una figura ideal per a un Arquitecte Sènior amb interès per al tecnologia del disseny o un de junior amb capacitats de gestió.

- ***Modelador BIM***. És tracta del professional que s'encarrega de modelar la informació personalment. El seu perfil típic és el de l'Arquitecte Junior o de l'antic delineant. Haurà de tenir un gran coneixement de les aplicacions i les eines perquè d'ell en depèn que la informació es pugui emmagatzemar en els models. Per tant, la seva formació instrumental s'haurà de cuidar especialment, doncs la seva responsabilitat és alta. Els temps en els que el delineants projectistes amb prou feines sabia emprar el seu software s'han acabat. Aquesta figura posa en crisi la dels delineants que no es reciclin, ja que fagocita quasi totes les seves atribucions. El més raonable, doncs, és que els antics delineants passin a ser Modeladors BIM, BIM Managers o que, simplement, es dediquin a una altra cosa.

- ***Assistent BIM***. No té un equivalent específic en la Pràctica Tradicional. La seva feina és ajudar als implicats que encara no estan avesats en l'ús de Tecnologia BIM. Prepararà els sistemes adequats de comunicació per a que la informació pugui ser assimilada per els col·laboradors. Generarà les vistes que ells sol·licitin però procurarà donar-los els recursos necessaris per a que puguin accedir o completar el models de forma autònoma. Es tracta de que els beneficis de l'ús d'aquesta tecnologia arribin fins i tot als que encara no l'empren.

Naturalment, depenent de la mida del despatx, algunes d'aquestes responsabilitats hauran de solapar-se en una mateixa persona. En les empreses petites, els Modeladors BIM seran Arquitectes Sènior i algun d'ells haurà de fer també de BIM i CAD manager. En firmes més grans, l'especialització serà més explícita.

· Migrar unànimement

A l'hora d'afrontar la transformació de les aptituds personals, els directius d'un despatx d'arquitectes es poden veure temptats amb acceptar un sistema de treball mixt basat en el modelat BIM per part d'una minoria dels usuaris que exportarien vistes en formats editables per les aplicacions de CAD anteriors per tal que la resta puguin desenvolupar el disseny del projecte o la seva documentació. El BIM faria les funcions d'eina de coordinació del projecte, com anteriorment ja feien els models tridimensionals elaborats per a la revisió formal del projecte. Aquesta estratègia pot, a més, abaratir els costos de la migració, ja que no implica la formació dels arquitectes sèniors i les dificultats que implica canviar la seva manera de treballar.

No obstant, l'experiència demostra que s'ha de tractar d'una solució temporal que val més evitar de bon principi, ja que trenca el cicle de coordinació de la informació (les modificacions fetes en els models exportats no s'incorporen automàticament al model), resulta improductiu i propens als errors. Per altra banda, si els caps del projecte no coneixen les particularitats del modelat BIM, no podran fer correctament la seva feina al ignorar els processos que s'hi donen i el pes específic de cadascun d'ells. L'objectiu ha de ser, doncs, que els usuaris amb responsabilitats sobre el disseny modelin ells mateixos el BIM o donin indicacions directament sobre el model.

Tot això demana una forta implicació de l'equip directiu en el procés d'implementació i una gran fermesa en les seves decisions. Els usuaris han de saber que la adopció d'una nova tecnologia és un pas endavant que no admet retorn encara que apareguin dificultats en el camí.

· El període de formació

Per a canviar els rols que desenvolupen els treballadors d'una empresa cal formar-los no només en aptituds instrumentals, sinó també en aspectes intel·lectuals. Cal formar-se, doncs, per aprendre el funcionament de les aplicacions i eines BIM; però també del sentit de la seva tecnologia. Això pot portar dos o tres mesos en funció de la dedicació, però no gaire més. De fet, una formació inicial es pot aconseguir en unes 60 hores, a les que cal sumar un període de consolidació dels coneixements adquirits. Passat aquest temps, els usuaris seran capaços de desenvolupar la majoria d'operacions necessàries per a modelar un projecte real, amb l'excepció de les més complexes, com la creació de famílies paramètriques complexes o

manipulacions sofisticades de la informació. Per a aconseguir-ho necessitaran uns tres mesos més. Aquesta formació extra, però, només serà indispensable per a un usuari de cada equip de treball, no havent de fer-se extensiva necessàriament a tots els implicats.

No obstant, abans d'afrontar un projecte professional, cal personalitzar l'aplicació, les plantilles i crear les famílies bàsiques d'objectes que es preveuen que es faran servir. Hi haurà qui prefereixi llançar-se directament a la piscina, però crec que l'experiència serà molt més gratificant i segura si es comença de manera planificada. Aquesta tasca pot dur un parell de mesos més, que poden solapar-se al període de formació si ja es compta amb un especialista. Per tant, cal planificar el període de formació i el de personalització.

Així doncs, es pot considerar que el període de transició inicial durarà mig any i que el procés complet es podrà completar en un any. Depenen del nombre de dissenyadors que col·laborin, es podrà esgraonar per interrompre el mínim el flux de treball. Per aquesta raó, les èpoques on hi ha una davallada de feina haurien de ser el context ideal per a dur a terme la formació de nous usuaris. Òbviament, es tracta d'una decisió difícil, ja que cal fer una inversió en un moment on no es sap si es poden fer gaires despeses. Per això les administracions estan subvencionant els cursos per a treballadors. Els períodes de crisi són una oportunitat per al canvi i aquesta n'és una de les raons. Per alta banda, quan la crisi Immobiliària s'apaivagui, el mercat de treball haurà canviat i de ben segur que la formació en aquesta tecnologia serà ben útil.

També s'ha de tenir en compte que la capacitat de treball d'un únic usuari emprant Tecnologia BIM és molt elevada, amb la qual cosa, aviat es necessitarà una única persona on abans se'n precisaven dues o tres, amb la qual cosa la capacitat de reacció davant dels imprevistos és ja molt alta passats els primers mesos.

· Incorporar personal

Una altra manera de construir l'equip de treball BIM és incorporar personal nou a l'empresa amb les aptituds requerides adquirides prèviament. Això evita haver d'invertir recursos propis en formació i, per aquesta raó, els despatxos que depenen de delineants projectistes amb contractacions precàries es mostren reticents a incorporar les noves eines per por a no trobar personal preparat a baix cost.

Fins que els primers estudiants d'arquitectura comencin a sortir preparats en aquesta matèria, qualsevol nova incorporació haurà de passar un període de formació que només serà amortitzat als pocs mesos de treball, per tant la migració només serà possible si els empleats es queden al despatx prou temps per a que siguin rentables. Per altra banda, aquest coneixement esdevindrà un valor afegit del personal, que el farà més indispensable. Es tracta d'una evolució lògica. Un Modelador BIM fa la feina d'un quants dels antics delineants, així que ja no serà necessària tanta rotació de plantilla i es podrà conservar el valor afegit del personal de la firma.

Finalment, cal tenir en compte que els que contractin nou personal hauran també d'adquirir coneixements sobre els aspectes generals d'aquesta tecnologia per tal de saber què és el que han de demanar dels seus treballadors.

· Integrar els col·laboradors

Implementar la Tecnologia BIM en el si d'un despatx d'arquitectura o aconseguir el seu ús en la disciplina arquitectònica en una gran firma multidisciplinar, pot ser relativament senzill si s'hi donen les condicions adequades. Però per a poder treure el màxim rendiment al BIM cal aconseguir que tots els col·laboradors, bàsicament els enginyers calculistes i els industrials (en un mode de contractació Disseny - Construcció) implementin també aquesta tecnologia. Això ja és més complicat. El principal escull rau, en el fons, en la responsabilitat. En aquest país, la responsabilitat final de l'obra cau en la figura de l'arquitecte, la qual cosa és absurda si es té en compte que no desenvolupa el disseny de gran part dels sistemes ni tampoc construeix l'edifici. Encara que no pot controlar l'execució de l'obra, se l'obliga a especificar absolutament tot el que a ateny a ella. Però la situació legal és així i no sembla que vagi a canviar en un futur pròxim. Si la majoria dels implicats en el disseny i la construcció d'un edifici no són legalment responsables de forma exclusiva del que fan, és difícil que facin un esforç en millorar el seus productes a no ser que els arquitectes els ho exigeixin. De fet, actualment ja es donen casos de despatxos que, després de migrar exitosament cap al BIM, han buscat nous col·laboradors que treballin amb la mateixa tecnologia.

Un altre cas seria el dels industrials. En un cas ideal, l'equip de dissenyadors elaboraria el Model Detallat i l'entregaria als executors de l'obra per a que realitzessin els objectes amb el nivell de detall de fabricació corresponents al seu ofici. Després, el fuster substituiria els marcs simples col·locats per l'arquitecte pels perfils exactes del model de fusteria que ell col·locarà. Això estalviaria feina en la fase de documentació i permetria als implicats en la execució del projecte participar-hi i no trobar-se sorpreses d'última hora. D'aquesta manera, cadascú és faria responsable de la part que li antany perquè ha participat en les decisions que afectaven a la seva feina.

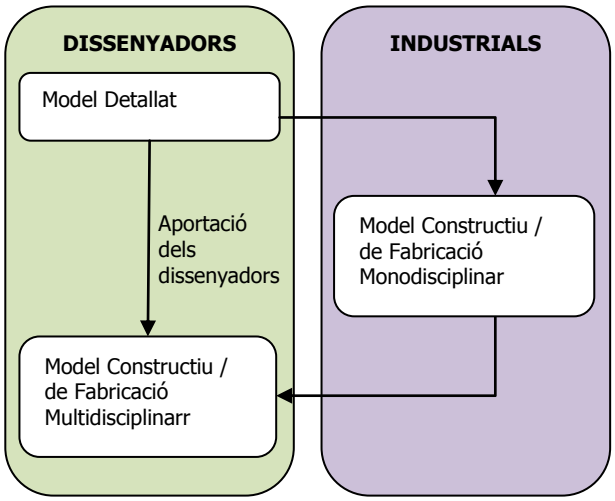


Fig. 3.21. Flux de treball entre els dissenyadors i els industrials que executaran l'obra.

A altres països, com ara Estats Units on la Practica Integrada està creixent amb força, l'arquitecte elabora una documentació on s'estableixen les intencions del disseny de l'edifici. El contractista és el que ha d'elaborar els plànols de construcció ja que és responsabilitat d'ell el resultat que se n'obtingui. És tracta d'un plantejament lògic, si el contractista n'és el

responsable (ja que és el que executa l'obra), és lògic que ell pugui decidir com es construiran les coses. El preu a pagar és que no s'acostuma a respectar gaire el disseny inicial. Per aquesta raó, els arquitectes americans estan molt interessats en la Pràctica Integrada perquè els permet participar en l'especificació de com es construirà realment l'edifici. Allà, doncs, els industrials són els que elaboren els models de fabricació, exigits pel contractista que els pagarà.

De tota manera, l'impacte d'aquesta falta de col·laboració de tots els implicats en l'elaboració d'un model BIM comú dependrà de la naturalesa del projecte. En encàrrecs més senzills o sense una gran pressió del calendari, l'arquitecte podrà modelar ell mateix aquells elements més conflictius (com els conductes d'aire condicionat, per exemple). També li seran de gran ajuda els BEM dels fabricants d'elements industrials (Pladur, Roca, Technal, etc.), que tradicionalment han anat oferint els seus productes en format digital bidimensional i que actualment comencen a fer-ho en formats BIM propietaris o en IFC.

A mesura que aquesta tecnologia s'implanti, la demanda de col·laboradors formats en el seu ús serà més alta, convertint-se en un requisit indispensable per a la seva contractació, com actualment ja passa amb determinats promotors (com la GSA americana). De fet, actualment tothom ja té certs requeriments tecnològics, com disposar de correu electrònic, treballar amb aplicacions de CAD compatibles o poder llegir formats digitals d'intercanvi.

· Treballar junts

Per a que la Practica Integrada i els fluxos de treball dinàmics sense pèrdues d'informació siguin possibles, cal una estreta comunicació entre les parts, i si pot ser, en temps real. Això es pot aconseguir a través d'aplicacions específiques de comunicació i gestió de fitxers (com Bentley Project Wise o Atuodesk Buzzaw i les solucions de 37 Signal's o Arch Street Software) i eines web per a la comunicació (el de Bassecamp, Highrise o Campfire), que a més serveixen per a gestionar el suport digital de tot el procés des de la contractació fins a l'entrega de l'edifici. Però resulta francament útil aconseguir que la majoria dels implicats, si no tots, treballin físicament en un mateix espai. Es tracta del que es coneix amb el nom de ***Big Room*** i és un mètode de treball llargament utilitzat en projectes grans. L'equipament bàsic ha de comptar, a banda dels llocs de treball i hardware associat, amb almenys una sala amb una gran pantalla on poder discutir en grup sobre qualsevol circumstància que sorgeixi durant l'elaboració del projecte.

Els beneficis de col·laborar d'aquesta manera per al projecte i per a la moral dels treballadors són indiscutibles, així que val la pena plantejar la possibilitat de fer-ho en cada projecte que s'afronti. Els sistemes on-line poden ajudar quan no sigui possible agrupar-se físicament.

3.3.4 IMPLEMENTAR EL BIM

Un cop preparada tota la infraestructura humana i mecànica necessària, es començarà a emprar BIM amb un projecte de mida petita a mitjana que servirà d'assaig. El més segur fóra que es desenvolupés en paral·lel amb les eines tradicionals però el risc de fer-ho només amb BIM és perfectament assumible si es té una bona formació prèvia i s'ajusten les expectatives al que es pot obtenir d'un primer assaig. En primera instància, es tractaria de modelar la part arquitectònica i estructural, podent deixant en un segon lloc la part de les instal·lacions. Si no

s'aconsegueix el nivell suficient tant de modelat com de disseny col·laboratiu necessaris per a incloure la informació de les instal·lacions, es poden construir simbòlicament els elements principals que han de coordinar-se tridimensionalment amb la resta de sistemes. Per últim, i depenent del calendari del projecte i de la experiència adquirida, es poden començar a assajar connexions amb altres aplicacions. Encara que nomes s'aconsegueixi aprofitar parcialment la informació del model o models d'informació elaborats, l'operació ja haurà estat prou fructuosa. No obstant, sempre s'ha de tenir la voluntat d'anar més enllà en el pròxim projecte. Una manera d'aconseguir-ho es testejar noves implementacions amb models de projectes ja lliurats. D'aquesta manera s'aconsegueix un escenari real per a la recerca sense la pressió del calendari contractual.

Per poder parlar més en detall de les operacions que s'hauran de dur a terme durant aquesta fase, podem distingir entre dos grans grups: les destinades al modelat en si de la informació i les orientades a la gestió de les eines que fan possible l'ús de la Tecnologia BIM.

· Planificació del modelat de la informació

Les característiques de modelat de la informació de l'edifici dependran de les necessitats de cada fase del seu cicle de vida (veure tema 2.3). Per a cada sistema arquitectònic, caldrà seguir aquests quatre passos:

1- Especificar el propòsit del BIM.
2- Establir les seves especificacions.
3- Planificar el modelat.
4- Executar el modelat.

Especificar la funció que haurà de dur a terme un model d'informació és vital a l'hora de decidir quina informació s'ha d'incloure en el model i com cal fer-ho Això, estalviarà recursos innecessaris i adequarà el BIM als productes que se'n volen obtindre. Cal fer-se les següents preguntes:

- Quanta informació cal incloure en el model?

- Quin nivell de detall ha de tenir?

- Com ha de mostrar-se aquesta informació?

Les respostes dependran de la naturalesa de les anàlisis i simulacions que es voldran obtenir i de les característiques dels interlocutors que hauran de gestionar la informació. Per exemple, la visualització dels tancaments serà diferent per als clients que per als paletes o el contractista i això pot implicar diferències en el modelat de la informació. El més pràctic és fer una taula de necessitats per a cada tipus d'element que serveixi de referència a tots els modeladors. Algunes d'elles serviran a diversos interventors i all llarg de més d'una de les fases del cicle de vida de l'edifici. Altres, en canvi, seran molt específiques d'una fase o col·laborador en concret.

Amb el temps, es podran aprofitar aquestes taules per a diferents projectes amb mínimes modificacions. Aquesta planificació pot incloure el factor temps per tal de poder organitzar l'odre adequat de modelat per a garantir l'obtenció dels productes en les dates esperades.

ELEMENT	NECESSITATS	NOTES
Sostre	Planificar la seva construcció.	No serà el més còmode des del punt de vista del modelat tridimensional.
Paret	Quantificar els seus materials.	Serà necessari modelar les seves capes.
Instal·lacions	Detectar col·lisions.	Només interessa la seva volumetria.
Portes	Elaborar quadre de fusteries.	El seu nivell de detall pot ser baix.

Fig. 3.22. Exemples de descripció de les necessitats (productes de diferents elements constructius per a un hipotètic projecte.

FASES	NECESSITATS
Pre Construcció	- Disseny 3D del model - Simulació i anàlisis - Previsió de costos - Determinació de col·lisions entre sistemes - Etc.
Construcció	- Planificació de la construcció - Determinació de col·lisions entre sistemes - Certificacions - Direct Digital Exchange - Control de la precisió de l'execució. - Etc.
Post Construcció	- Gestió de l'edifici i del seu contingut. - Planificació del seu manteniment - Gestió de les instal·lacions - Planificació de nous usos - Etc.

Fig. 3.23. Exemples de necessitats en diferents etapes del cicle de vida de l'edifici. Com es pot veure, algunes no són exclusives de cada estadi.

Les respostes a aquestes preguntes ajudaran a especificar les característiques de cada sistema arquitectònic que s'ha de modelar. Caldrà ara completar la taula amb la informació que cal incloure en el model. La majoria d'aquesta informació ja estarà incrustada en els objectes, especialment si s'empren BEM elaborats, però la resta s'haurà d'incorporar amb posterioritat. Aquesta taula servirà novament per a organitzar la feina de tots els participants i podrà ser reciclada en gran part per a nous projectes. Com a referència inicial es pot fer servir el document "*Model Progression Specifications*" publicat per la AIA ((veure apartat 2.3.2 i figures 2.62 i 2.63) i que es pot trobar a:

http://www.ipd-ca.net/IPD%20Tools%20and%20Publications.htm.

En aquest sentit, cal no confondre el nivell de detall aparent d'un objecte, que podríem descriure com el grau de versemblança que té amb allò que representa, amb el nivell de detall de la informació, que correspondria més a la quantitat i complexitat de les dades incloses en l'objecte. Un objecte aparentment molt simple com un rectangle que representi una obertura, pot contenir una gran quantitat d'informació multidisciplinar. Com que el modelat de la informació és la principal tasca de construcció d'un BIM, cal optimitzar al màxim els recursos

que s'hi dediquin per tal d'obtenir la màxima productivitat. Per altra banda, la tecnologia d'objectes permetrà ràpidament substituir un objecte per un altre en cas de precisar dades inicialment no previstes.

ELEMENT	NECESSITATS	ESPECIFICACIONS DEL MODELAT
Sostre	Planificar la seva construcció.	Haurà de ser modelat per parts que corresponguin a les fases d'encofrat.
Paret	Quantificar els seus materials.	Cada tipus haurà de correspondre a un amidament vinculable a una o més partides.
Instal·lacions	Detectar col·lisions.	Haurà de ser modelat en tres dimensions.
Portes	Elaborar quadre de fusteries.	Cada exemplar haurà d'estar correctament situat i serà del tipus adequat.

Fig. 3.24. Aprofitant l'exemple anterior, s'estableixen les especificacions de cada element citat.

Un cop se sap què s'ha de fer i perquè, cal planificar el modelat en sí. Bàsicament es tracta d'establir la cronologia de les operacions a dur a terme fent esment dels punts crítics, com ara l'establiment dels eixos de referència. També és molt important indicar les fites a les quals s'ha d'arribar en unes dates concretes ja que tot el procés de modelat haurà de fer-se en consonància. Per exemple, si primer cal elaborar un lliurament per a que el promotor pugui opinar sobre el desenvolupament del projecte, el modelat de la informació relacionada amb aquest producte haurà de tenir preferència sobre la resta.

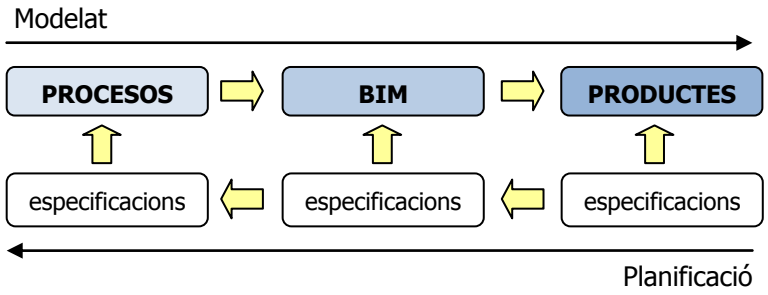


Fig. 3.25. La planificació del modelat es fa partint del producte final, el qual servirà per especificar les característiques del BIM i dels processos que el fan possible.

Aquí, les estratègies del BIM Management i la del Project Management es donen la mà ja que, amb la Tecnologia BIM, el procés de disseny és també el procés de creació del model. Es tracta d'un procés interactiu i iteratiu. Els processos de gestió de la informació permeten construir el model i les anàlisis efectuades sobre ell, obtenir nova informació que pot re alimentar el projecte. Per aquesta raó, cal considerar les anàlisis i les simulacions obtingudes del model com una finalitat i un mitjà alhora.

Per altra banda, també s'ha de tenir en compte que molts d'aquests processos seran duts a terme per persones de disciplines diferents, l'activitat de les quals ha d'estar coordinada per a que la gestió de la informació del model sigui eficient.

· **Gestió de les eines**

La part de la gestió de la infraestructura tecnològica serà important per a garantir que tots els implicats disposen de les eines adequades per a fer la seva feina. És responsabilitat del CAD Manager escollir les eines més adequades en cada moment segons les necessitats del BIM Manager. En aquest sentit resulta vital tenir en compte diversos aspectes:

· Les prestacions de modelat i anàlisi de la informació de l'eina.

· L'estabilitat de l'eina o aplicació.

· Les capacitats de connexió amb la resta d'eines, sobretot les de les disciplines principals.

· Viabilitat de l'aplicació. Previsió de perseverança en el temps.

· La seva facilitat d'ús.

· El suport post venda del distribuïdor del software.

Per aquesta raó, abans de fer qualsevol adquisició caldrà informar-se bé sobre les possibilitats de cada aplicació o eina i, sobretot, provar-la intensivament abans d'implementar-la en el despatx. Només així s'estalviaran decepcions als usuaris, amb el descrèdit que això comporta per a la nova tecnologia i per als seus promotors.

3.3.5 AMORTITZAR LA INVERSIÓ

Treballar amb una aplicació BIM implica un canvi de mentalitat i de metodologia de treball que només es podrà assolir a través d'un període de formació i, per què no dir-ho, de reeducació. Per altra banda, també requereix renovar la infraestructura tecnològica amb nous equips i també noves llicències. Tot això requereix una inversió monetària inicial que ha de ser amortitzada en poc temps per a que l'operació sigui viable. A llarg termini, els avantatges són indiscutibles, però cal tenir arguments monetaris per a convèncer els directius de l'empresa on es vol implementar el BIM.

· **Retorn de la Inversió**

La manera de calcular fins a quin punt ha estat rentable una inversió és calcular la proporció entre els beneficis d'una operació i el seu cost en un període de temps determinat, posem un any. És el que s'anomena "***Retorn de la Inversió***" (Return of Investment) Així, tindríem la senzilla fórmula següent:

$$\frac{Beneficis}{Cost} \times 100 = \%\ d'Amortització$$

Per exemple, si en un any obtenim uns beneficis en relació a l'any anterior de 20.000€ amb una inversió de 10.000€, l'amortització serà del 200%. És a dir, els beneficis haurien duplicat el cost

inicial. Per contra, si els números fossin a l'inrevés, obtindríem un valor del 50%. És a dir, el primer any recuperaríem la meitat de l'invertit.

La part complicada és, òbviament, la de calcular els beneficis obtinguts i el cost de la inversió. Els costos seran els derivats de la infraestructura tecnològica i els de la formació, als quals s'hi haurà de sumar el cost provocat per la pèrdua de productivitat que es podrà donar mentre duri el temps de formació. Els beneficis vindran de l'increment de productivitat aconseguit un cop els usuaris siguin plenament operatius en l'ús d'aquesta tecnologia, però també s'haurien de tenir en compte altres valors més difícils de calcular, com ara els beneficis que aporta la disminució dràstica dels problemes i incerteses en la fase d'execució. Encara n'hi ha d'altres de més complicats de valorar però que són tan reals com els primers, com ara l'augment del valor afegit del producte ofert (que portarà nous encàrrecs i nous beneficis).

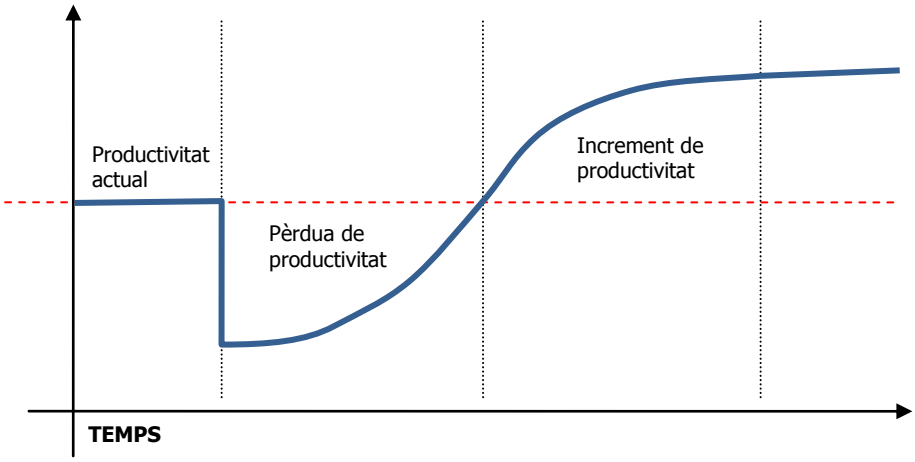


Fig. 3.26. La corba d'aprenentatge fa davallar la productivitat al principi per a incrementar-la més tard. En els càlculs de l'amortització de la inversió s'empren valors mitjos. De tota manera, actualment aquesta pèrdua de productivitat es prolonga durant molt poc temps, la prova està en el fet que la majoria de projectes pioners s'aconsegueixen entregar en els terminis i amb els recursos habituals.

Partint d'aquestes premisses, podem complicar una mica més la fórmula anterior per a calcular el Retorn de la inversió en un període de temps determinat aplicant els paràmetres:

$$\frac{\left(AB + \left(\left(CM - \left(\frac{CM}{1+IP}\right)\right) \times (MA - MF)\right)\right)}{CI + (CM \times MF \times DP)} = RI$$

En la que:

$CM =$ Cost mensual dels usuaris que migren a la nova tecnologia.
CI= Cost de la nova infraestructura tecnològica.
IP = Increment de la productivitat mensual en percentatge.
DP = Disminució de la productivitat mensual en percentatge.
MA = Nombre de mesos sobre els què es vol calcular la amortització.
MF = Nombre de mesos necessaris per a assolir la productivitat inicial.

AB = Altres beneficis obtinguts en el període d'anàlisi.

RI = Retorn de la Inversió.

El principal interrogant està en establir els valors de Descens de la Productivitat i els de l'Increment de la Productivitat. Si no es tenen experiències anteriors, es poden agafar els valors d'un 50% per al DP i d'un 25% per al IP (valor força conservador, però apropiat per als primers mesos d'implantació). La resta de valors són molt més fàcils de calcular.

RI ALS 12 mesos		RI ALS 21 mesos		RI ALS 18 mesos	
CM	4,500.00 €	**CM**	4,500.00 €	**CM**	4,500.00 €
CI	8,000.00 €	**CI**	8,000.00 €	**CI**	8,000.00 €
IP	22%	**IP**	22%	**IP**	22%
DP	50%	**DP**	50%	**DP**	50%
MA	12	**MA**	21	**MA**	18
MF	3	**MF**	3	**MF**	3
AB	-	**AB**		**AB**	2,600.00 €
Beneficis	7,303.28 €	**Beneficis**	14,606.56 €	**Beneficis**	14,772.13 €
Costos	14,750.00 €	**Costos**	14,750.00 €	**Costos**	14,750.00 €
RI	**50%**	**RI**	**99%**	**RI**	**100%**

Fig. 3.27. Quadres d'amortització amb la hipòtesi que les despeses en salaris són de 4,000€, la inversió inicial de 8,000€ (incloent la formació) i que la pèrdua inicial de productivitat i l'increment posterior és del 50% i 20% respectivament. Si el temps de migració dura tres mesos ens dona un resultat que ens indica que en el primer any (primer quadre) haurem recuperat la meitat de la inversió i nou mesos després (segon quadre) la totalitat. Si tenim en compte beneficis col·laterals, podem arribar a estimacions més favorables (tercer quadre).

Aquest sistema també es pot emprar retrospectivament si es tenen dades relacionades amb la productivitat, cosa que no acostuma a passar en la gran majoria dels despatxos d'arquitectura. Es tracta de comptar, per a cada projecte, quantes hores de cada usuari s'empren per a fer les tasques principals (disseny, documentació, direcció facultativa, project management, etc.) i comparar el temps invertit en dos projectes similars; un emprant tecnologia tradicional i l'altre emprant BIM. D'aquesta manera es pot obtenir l'augment de productivitat previst i aplicar-lo a futures implementacions.

· Redistribució dels honoraris

El sistema anterior de càlcul de l'amortització empra un valor d'amortització general que s'aplica als costos mensuals globals. El problema és que, atès que no tot el personal que desenvolupa un projecte cobra el mateix, aquesta previsió pot ser poc acurada. De fet, hi ha una reducció global de feina, però el nivell professional dels usuaris que les fa s'incrementa. Aprofitant un estudi realitzat per un arquitecte d'una firma americana (Birx, 2005) es pot fer una extrapolació hipotètica als temps actuals que permet estudiar aquest fenomen. Suposem els costos en honoraris de l'equip de disseny de dos projectes equivalents: un desenvolupat abans de la

implementació de la Tecnologia BIM i l'altre, després. Es distingeixen els sous de Directius, Project Managers, Arquitectes Sènior i Arquitectes Junior i es comparen els resultats que s'obtindrien si la nova tecnologia fos emprada només pels Arquitectes Junior amb el que succeiria si els Arquitectes Sènior empressin directament BIM.

Escenari en que només els Arquitectes Junior empren BIM							
	Hores de projecte			**Cost dels honoraris**		**Ràtio d'hores**	
CÀRREC	**PRE BIM**	**POST BIM**	**€/h**	**PRE BIM**	**POST BIM**	**PRE BIM**	**POST BIM**
Cap	32	32	35€	1,120.00 €	1,120.00 €	3%	5%
Project Manager	128	128	20€	2,560.00 €	3,840.00 €	13%	29%
Arquitecte Sènior	192	192	20€	3,840.00 €	3,840.00 €	19%	29%
Arquitecte Júnior	640	250	12€	7,680.00 €	3,000.00 €	65%	38%
TOTALS	**992**	**666**		**15,200.00 €**	**11,800.00 €**		
	HORES: -33%			**COST: -22%**			

Fig. 3.28. Càlcul de l'increment de la productivitat i de la distribució de la dedicació en el supòsit que es fa una migració en la que els Arquitectes Junior es converteixen en Modeladors BIM.

Escenari en que els Arquitectes Sènior empren BIM							
	Hores de projecte			**Cost dels honoraris**		**Ràtio d'hores**	
CÀRREC	**PRE BIM**	**POST BIM**	**€/h**	**PRE BIM**	**POST BIM**	**PRE BIM**	**POST BIM**
Cap	32	32	35€	1,120.00 €	1,120.00 €	3%	5%
Project Manager	128	192	20€	2,560.00 €	3,840.00 €	13%	31%
Arquitecte Sènior	192	292	20€	3,840.00 €	5,840.00 €	19%	47%
Arquitecte Júnior	640	100	12€	7,680.00 €	1,200.00 €	65%	16%
TOTALS	**992**	**616**		**15,200.00 €**	**12,000.00 €**		
	HORES: -38%			**COST: -21%**			

Fig. 3.29. Càlcul de l'increment de la productivitat i de la distribució de la dedicació en el supòsit que es fa una migració en la que els Arquitectes Sènior es converteixen en Modelador BIM.

Tal com s'observa en la Fig. 3.28, en aquesta hipòtesi s'ha aconseguit una disminució d'hores del 33%, però el del cost ha estat *només* un 22% inferior. En canvi, tot i que el temps global disminueix en la segona opció, el cost global no ho fa, ja que s'ha incrementat la dedicació dels qui més cobren. En un estructura laboral piramidal amb un o dos caps, la primera opció serà més rentable, però, en un despatx format per un grapat d' Arquitectes Sènior associats que es reparteixen els honoraris previ descompte de les despeses, la segona opció serà molt més aconsellable, ja que els Arquitectes Junior solen cobrar un preu fix i quan menor sigui el seu percentatge de participació, més rentable serà per als arquitectes associats. Per altra banda, l'augment de la fluïdesa en la presa de decisions gràcies a l'ús d'eines interactives i a la no dependència de terceres persones per a veure el resultat d'un canvi en el disseny, fa disminuir encara més el còmput d'hores global a invertir en cada projecte.

· Ràtios d'amortització segons les fases

Tot i que la productivitat global s'incrementi, cal entendre que ho fa de forma diferent depenent del professional que s'analitzi i de la fase on participi Des del punt de vista de la disciplina del disseny arquitectònic, l'increment de la productivitat en les fases de disseny (Conceptual i Detallat) és menor que el de la fase de Documentació degut a la major complexitat dels processos de creació. Per altra banda, els beneficis es multipliquen si es practica la integració del tots els implicats. La transmissió del coneixement sobre el projecte acumulat pels dissenyadors a totes les parts fa que tot el procés sigui molt més productiu per a tothom. Els uns perquè aprofiten les dades dels seus col·laboradors i tenen menys dubtes i els altres perquè s'estalvien correccions i explicacions posteriors.

· Què passa amb el temps guanyat?

Està clar que el BIM estalvia hores de feina en cada projecte. La qüestió és en què s'ha d'invertir aquest temps extra. Una possibilitat és la de millorar el projecte en sí. Algunes d'aquestes millores ja vénen implícites per la millora dels processos de coordinació i gestió de les dades, però d'altres poden venir d'una major inversió en eines d'anàlisi i simulació o, simplement d'uns processos creatius més prolongats. Això farà que, fins que no arribi el moment que la implementació de la Tecnologia BIM sigui universal, els primers que l'emprin tindran un avantatge sobre la resta que els permetrà oferir millors productes en el mateix temps.

No obstant, l'ús de Tecnologia BIM requereix una inversió continua en recerca de noves possibilitats d'aplicació i en formació dels usuaris per a la seva implementació. D'aquesta manera s'aconsegueix mantenir un nivell òptim d'aprofitament d'una tecnologia que està en contínua evolució. Tot això requereix temps, i el temps s'ha de pagar. Per aquesta raó, tot i que l'amortització econòmica per projecte és ràpida, la global no ho és tant donat l'augment de les necessitats col·laterals. La part bona d'això és que tot és a fi de millorar el producte i les condiciona laborals dels implicats.

De fet, el mateix passa amb la inversió de recursos en tasques de CAD Management en general. Òbviament, consumien temps i diners, però els seus efectes es repartien al llarg de tot l'arc productiu.

· Altres factors d'amortització

Com ja s'ha dit, hi ha altres factors d'amortització que són difícils d'avaluar econòmicament. El principal és el fet de seguir essent competitius en un context cada com més hostil i complex. Però en podem trobar d'altres que van des de l'estalvi de maldecaps fins a la millora de les condicions laborals que implica la reducció de les tasques mecàniques i repetitives sense valor afegit per a cap dels implicats. Per altra banda la reducció de riscos i el prestigi professional és un factor molt important que fa que l'ús de Tecnologia BIM sigui molt més rentable que el que els valors numèrics poden expressar. La sensació compartida de control del projecte és quelcom que no té preu.

Tot això esta dins del concepte de ***Construcció Eficient***, que persegueix eliminar tot allò que resulta inútil en totes les fases del cicle de vida de l'edifici, des de les tasques i riscos inútils fins als residus, passant pel consum d'energia innecessari. Es tracta d'un objectiu comú a tots els implicats i, per això, pot servir per aliar-los.

3.3.6 CONCLUSIONS

Implementar la Tecnologia BIM pot semblar complicat i de fet ho és. Però la dificultat de dur-ho depèn de dos factors clau: una bona actitud dels implicats i una correcta planificació. Amb la primera s'aconsegueix que qualsevol dificultat sigui afrontada com un al·licient al repte que suposa un canvi en la manera de treballar en comptes d'un prejudici contra la nova tecnologia. La motivació dels usuaris és el més important i, en aquest aspecte cal basar les formacions en experiències reals extretes del seu context professional. Amb la segona, els processos i recursos necessaris es poden preparar amb antelació, afavorint un context de seguretat i transparència que influirà positivament en el primer factor.

Tots els actuals consultors de BIM que estan assessorant amb als despatxos han aplicat aquesta estratègia a ells mateixos quan s'han endinsat de manera autodidacta en els secrets d'aquesta tecnologia. Aquesta actitud és la que han de saber transmetre als usuaris que estan provant de formar amb la solvència que confereix un pla ben elaborat.

Per altra banda, cal gestionar correctament les expectatives d'usuaris i directius i no caure en la temptació de donar per fetes prestacions que no són tant immediates. Sobretot tenint en compte que els venedors de software ja s'encarreguen d'enardir les bondats dels seus productes més enllà de l'aconsellable. Més val informar clarament de les limitacions de la tecnologia; del que se li pot demanar i el que no i perquè. Els avantatges del BIM es demostren totes soles amb la pràctica quotidiana.

Pel que fa a l'amortització de la seva implementació, més que un gran estalvi global d'hores de feina, el que es dóna és un canvi en la seva distribució a favor d'un major pes de les tasques de planificació, recerca, desenvolupament i formació. Dedicacions que potser es pagaran més cares. La manera correcta d'enfocar-ho, doncs, és la de concentrar-se en els beneficis menys prosaics, que de fet, són els que tenen un major valor afegit i perduren a llarg termini.

3.4 APLICACIONS BIM PER AL DISSENY ARQUITECTÒNIC

Els principis teòrics de la Tecnologia BIM es reflecteixen actualment en multitud d'aplicacions i eines informàtiques. La majoria d'elles són de recent creació, però algunes tenen una llarga història.

La distribució de l'ús d'aquestes eines al llarg del cicle de vida de l'edifici és desigual i està concentrat en les fases de Disseny, Documentació i Licitació, on el benefici d'introduir-hi millores és més alt. No obstant, també s'estan desenvolupant solucions per a la resta de fases; començant per les més primerenques on les estratègies de gestió de bases de dades i de simulació estan començant a donar fruits. El ventall, doncs, és molt ampli i per això, el conjunt d'aquestes aplicacions i eines informàtiques és prou ampli com per a merèixer una anàlisi en profunditat que ajudi a elaborar-ne un mapa de l'àmbit d'aplicació i característiques de cadascuna d'elles. En aquest treball, però, només es parlarà de les d'aquelles amb major relació amb les tasques de disseny arquitectònic.

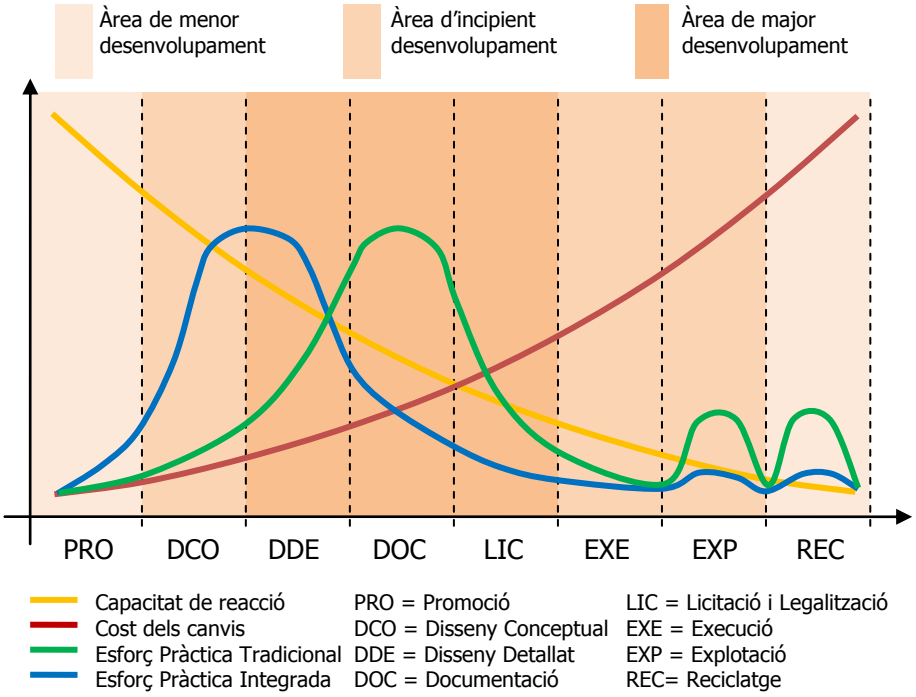


Fig. 3.30. Distribució de les aplicacions i eines BIM. La seva proliferació va començar de forma proporcional a la intensitat de treball que exigia la pràctica tradicional. Actualment ja comença a donar resposta a les necessitats de la pràctica integrada.

Per altra banda, per entendre la seva funció dins del marc de la Tecnologia BIM cal distingir entre dos grans grups. En primer lloc tenim el que aquí anomenen ***Aplicacions BIM***, que són aquelles destinades a crear i editar un model BIM. Tradicionalment han estat el centre de desenvolupament d'aquesta tecnologia, inclús abans de que s'universalitzés el terme BIM. Tal com es detalla al tema 2.2, són aplicacions paramètriques, multidisciplinars i multivista, ja que el seu objectiu és generar models que acumulin la major quantitat de coneixement possible per tal de coordinar-lo i treure'n el màxim profit. D'aquí que s'hagi escollit el terme "Aplicació", ja en elles els conceptes de la Tecnologia BIM *s'aplica* en un producte concret.

Hi ha aplicacions BIM especialitzades en el disseny de les tres disciplines principals: Arquitectura, Instal·lacions i Estructura. Donada la envergadura del seu desenvolupament, el nombre d'opcions és limitat.

Les ***Eines BIM***, en canvi, serien solucions informàtiques especialitzades en resoldre qüestions concretes aprofitant informació extreta de models creats amb les Aplicacions BIM per tal de realitzar determinats anàlisis o desenvolupar certs aspectes del disseny de l'edifici. El seu nombre és molt gran i la seva naturalesa, variable. Solen respondre a necessitats molt concretes en àmbits força especialitzats, com la planificació espacial o l'anàlisi energètica. Poden treballar de forma independent llegint exportacions dels formats propietaris de les aplicacions BIM o connectar-s'hi directament.

3.4.1 HISTÒRIA DE LES APLICACIONS BIM

Si hom analitza la història de les aplicacions de CAD veurà que hi ha un abans i un després de l'any 1981 en que es va comercialitzar el sistema operatiu MSDOS i els primers ordenadors personals IBM-PC. A partir de llavors, el cost del maquinari i el software va descendir espectacularment i els nous sistemes van expandir-se de forma exponencial, inclús en entorns professionals, a pesar que eren molt menys potents que la resta de sistemes. Dos anys més tard, va aparèixer la primera versió d'AutoCAD, que costava uns 1400$, quan un PC de l'època es venia per 5000$.

L'any 1987, va sortir al mercat ArchiCAD 3.1, que havia començat a desenvolupar-se per a la plataforma Macintosh l'any 1982. ArchiCAD tenia unes prestacions molt superiors a AutoCAD i ja era capaç de treballar simultàniament en 2D i 3D (de fet, va ser el primer software per a ordenador personal que va ser-ho), però degut al seu elevat preu i la seva reduïda xarxa de distribució, no va representar una sèria competència per a AutoCAD. Per altra banda, els ordinadors Macintosh, finalment al mercat a partir del 1984 i força més cars, no van frenar el creixement dels Pc's, tot i oferir de bon principi una GUI incomparablement millor. No obstant, és interessant comprovar com de bon principi ja hi havia un software especialitzat en el disseny arquitectònic, no només pel que fa a ArchiCAD, sinó també pels diversos complements que ja hi havia per a AutoCAD com Ketiv (més tard ArchT), AutoArchitect (després Softdesk), ArchPro, GeoCAD, AEC, etc.

No obstant, aquestes aplicacions no es podien qualificar com a aplicacions BIM (terme molt més contemporani) doncs l'únic que feien era automatitzar la creació d'entitats literals que representaven elements arquitectònics com ara parets o portes, però no funcionaven com una base de dades d'objectes paramètrics ni oferien un entorn de disseny unificat. Eren conegudes com a aplicacions ***CAAD*** (Computer Aided Architectural Design), terme que no va perdre vigència fins entrat el segle XXI.

A Europa, feia anys que es venia Allplan, una aplicació desenvolupada per una empresa anomenada Nemetschek que des de 1964 es dedicava a l'enginyeria, però el seu ús era difícilment exportable al gran públic perquè només corria en sistemes Unix.

Atès que pels volts de 1993 més de la meitat dels dissenyadors empraven Macintosh, Autodesk va fer compatible la seva versió 10 amb aquest sistema operatiu. Fou un gran fracàs que va fer abandonar la idea aprofitant l'aparició de la inestable versió 13, que va fer compatible amb Windows 3.1. Aquest nou sistema operatiu de Microsoft feia només un any que havia aparegut i, en realitat, era un DOS amb una GUI superposada de 16bits. Mentrestant, Macintosh creava els nous PowerMac, obligant als fabricants d'ArchiCAD, formZ, Microstation i MiniCAD (el que més tard fou Vectorworks) a reescriure'ls per adaptar-los a la nova plataforma. Amb això, Apple tornava a distanciar-se enormement dels sistemes x86.

L'any 1999 va ser una data important per al futur de la Tecnologia BIM. Per una banda, Autodesk comercialitza Architectural Desktop 2, que fou la primera aposta seriosa en el camp de les eines per a arquitectura. Fins aquell moment, els principals complements amb tal missió eren AutoArchitect i ArqT. Aquesta decisió fou forçada pel fet que, tres anys abans, Nemetschek havia creat la seva primera versió d'Allplan per a Windows (Allplan 14) i amb la versió 15, infinitament més operativa que Desktop, semblava amenaçar seriosament la l'hegemonia d'AutoCAD al mercat europeu de l'arquitectura. Als Estats units, Nemetschek també havia comprat Diehl Graphsoft i va transformar el seu producte, Minicad 7, en Vectorworks 8, el qual a la següent versió ja disposava d'una opció especialitzada en el disseny d'arquitectura; Vectorworks Architeck 8.5.

Per la seva banda, Graphisoft, també europea, ja disposava del seu ArchiCAD per a Windows des de l'any 1994, o sigui que la competència començava a ser important. Per a empitjorar les coses, Microsoft va comprar Visio i el seu producte IntelliCAD per a oferir-lo gratuïtament i ferir els interessos d'Autodesk, que començava a fer-li la competència en aplicacions multimèdia, i que a més, ja era la sisena empresa de software a nivell mundial.

Mentre tot això passava, a Espanya és generalitzava l'ús d'AutoCAD als despatxos (que era pràcticament l'únic que es coneixia), però encara era mal vist per la majoria de docents de l'ETSAB, tot i que ja hi havia una assignatura que se n'ocupava. Personalment, puc donar fe d'aquest context, ja que l'any 1994 em vaig matricular a primer d'Arquitectura i, tres anys més tard, vaig començar a treballar en un conegut despatx a Barcelona tot instal·lant-hi AutoCAD 14. L'any 2000 aquests prejudicis havien desaparegut i fins i tot s'obrí una botiga d'informàtica dins la universitat.

L'any 2002, Autodesk va decidir comprar Revit Inc. al veure que el seu producte BIM, Architectural Desktop 3.3, no aconseguia desbancar a la competència (ja que realment era molt inferior). Es tractava d'una petita empresa que estava desenvolupant un interessant software per al disseny paramètric industrial que gaudia d'una estructura conceptual molt coherent i senzilla i d'una gran facilitat d'ús. Immediatament, va dirigir-lo cap al disseny arquitectònic obtenint en tres anys (2005) una versió prou estable i completa per a que revolucionés un mercat on Nemetschek i Graphisoft en tenien l'hegemonia. Autodesk s'havia tret de la màniga una nova aplicació BIM nativa que, per acabar-ho d'adobar, era l'única que oferia un entorn de disseny paramètric totalment gràfic i un motor d'actualització de les representacions instantani. A més a més, va desdoblar-la en tres versions, cadascuna especialitzada en el disseny d'arquitectura, instal·lacions i estructura.

Paral·lelament, Autodesk va començar a emprar el terme BIM com a identificador dels seus productes per a la Pràctica Integrada, forçant en pocs anys que la resta de desenvolupadors de CAAD l'adoptessin per a poder competir amb el gegant americà. Així, al 2007 BIM ja era sinònim d'una nova generació d'aplicacions que van més enllà del modelat tridimensional coordinat per a cobrir també les necessitats de col·laboració interdisciplinària, tot fent que la base de dades de l'edifici sigui compartible amb eines de càlcul especialitzades en temes diversos, com el control de costos o l'estalvi energètic. En aquells temps, Nemetschek ja tenia quelcom equivalent, però va invertir molt en augmentar les possibilitats d'interconnexió del seu software amb aplicacions de tercers a partir del desplegament de Revit. El mateix va fer Graphisoft amb el seu ArchiCAD.

Per altra banda, les sinèrgies generades amb Revit van servir per a millorar enormement Architectural Desktop, el qual va seguir desenvolupant-se en paral·lel, dissipant els dubtes dels seus usuaris sobre la seva continuïtat. Autodesk va justificar-ho dient que Architectural Desktop, esdevindria "l'AutoCAD per a arquitectes" mentre que Revit seria la plataforma BIM formada per Revit Building, Revit Systems i Revit Structure per al disseny de les disciplines d'arquitectura, d'instal·lacions i d'estructura. En realitat, el Desktop també podria ser considerat una aplicació BIM, però el segon té una estructura interna molt més preparada per a merèixer aquest adjectiu.

L'any 2005, quan es va iniciar aquest estudi, el panorama comercial de les aplicacions BIM semblava absolutament consolidat. Per una banda, Allplan i ArchiCAD representen dues aplicacions amb una llarga història i amb grau de refinament elevat. Per l'altra, Revit representava una nova promesa (Revit Building 9 es comença a comercialitzar a Espanya) i Architectural Desktop la continuïtat per als usuaris d'AutoCAD. L'any següent, Nemetschek compra SCIA, un conegut fabricant de software per al disseny d'estructures i crea el seu propi Allplan Enginyeria. Bentley, per la seva banda, crea una personalització de Triforma per a Microstation anomenada Bentley Architecture.

Dos anys després, Autodesk consolida els seus productes i els canvia el nom. Architectural Desktop passa a dir-se AutoCAD Architecture i Revit Building, Revit Architecture. Nemetschek, per la seva banda, havia sorprès tothom l'any anterior comprant la majoria de Graphisoft, i amplia la connectivitat de Allplan amb software de tercers (incloent alguns espanyols), convertint-lo en l'aplicació BIM millor relacionada del mercat.

El 2008, Autodesk i Bentley, conscients dels problemes d'interoperabilitat que tenen les grans empreses (que sovint empren multitud de plataformes), signen un històric acord d'interoperabilitat que pretén facilitar la transmissió de la informació continguda en els seus BIM d'un producte a un altre. Això fou particularment sorprenent tenint en compte la tradicional rivalitat entre les dues companyies, no només des del punt de vista comercial, sinó també filosòfic. Mentre Autodesk recolza la idea d'una base de dades unificada, desenvolupa un nova aplicació BIM des de zero i protegeix la propietat dels seus formats d'intercanvi, Bentley defensa els avantatges d'una base de dades distribuïda, evoluciona les seves eines de CAD cap al BIM i treballa per l'ús de formats oberts. Gràcies a això el format DWG, que des de l'any 2004 era encriptat, va tornar a obrir-se a les aplicacions de Bentley sense que haguessin de recórrer a tècniques il·legals d'enginyeria inversa.

Bentley es beneficia d'aquest acord al assegurar que els seus usuaris podran comunicar-se millor amb els que emprin aplicacions BIM d'Autodesk, molt més nombrosos (veure final del punt 3.4.3). Autodesk, per la seva banda, busca donar un millor suport als seus usuaris que treballen en entorns multidisciplinars multiplataforma, ja que les pèrdues originades per la mancança d'interoperabilitat van demostrar-ne moltes altres en l'estudi "*Cost Analysis of Inadequate Interoperability in the U.S. Capital Facilities Industry*" publicat per NIST (National Institute of Standards and Technology) l'Agost de 2004. Caldrà veure si aquest acord satisfà les expectatives generades al voltant seu i si l'aliança s'estendrà a Nemetschek.

	AUTODESK AUTOCAD	GRAPHISOF TARCHICAD	NEMETSCHEK ALLPLAN	AUTODESK REVIT	AUTODESK ARCHITECTURAL DESKTOP
1982		ArchiCAD 1			
1983	AutoCAD 1				
1983	AutoCAD 1.2				
1983	AutoCAD 1.3				
1984	AutoCAD 1.4		Allplan 1		
1985	AutoCAD 2				
1986	AutoCAD 2.1				
1987	AutoCAD 2.5	ArchiCAD 3.1			
1988	AutoCAD 2.6				
1989	AutoCAD 9				
1990	AutoCAD 10				
1991	AutoCAD 11	ArchiCAD 4.1			
1992	AutoCAD 12				
1993	AutoCAD 13	ArchiCAD 4.12			
1994	AutoCAD 13c4	ArchiCAD 4.5			
1995		ArchiCAD 4.55			
1996		ArchiCAD 5.0	Allplan 14		
1997	AutoCAD 14	ArchiCAD 5.1		Revit 1	
1998		ArchiCAD 6.0		Revit 2	Desktop
1999	AutoCAD 2000	ArchiCAD 6.5	Allplan 15	Revit 3	Desktop 2
2000	AutoCAD 2000i			Revit 4	Desktop 3
2001	AutoCAD 2002	ArchiCAD 7.0			Desktop 3.3
2002		ArchiCAD 8.0		Revit 5	
2003	AutoCAD 2004	ArchiCAD 8.1	Allplan 16	Revit 6	Desktop 2004
2004	AutoCAD 2005	ArchiCAD 9	Allplan 17	Revit 7	Desktop 2005
2005	AutoCAD 2006		Allplan FT 2005	Revit Building 8	Desktop 2006
2006	AutoCAD 2007	ArchiCAD 10	Allplan FT 2006	Revit Building 9	Desktop 2007
2007	AutoCAD 2008	ArchiCAD 11	Allplan FT 2008	Revit Architecture 2008	AutoCAD Architecture 2008
2008	AutoCAD 2009	ArchiCAD 12	Allplan FT 2008	Revit Architecture 2009	AutoCAD Architecture 2009
2009	AutoCAD 2010	ArchiCAD 13	Allplan FT 2009	Revit Architecture 2010	AutoCAD Architecture 2010

Fig. 3.31. Cronologia d'AutoCAD, ArchiCAD, Allplan, Revit i Architectural Desktop.

3.4.2 TIPUS D'APLICACIONS BIM

Des del punt de vista del motor BIM, hi ha dos grans grups d'aplicacions BIM, les natives (desenvolupades des de zero) i les implementades sobre aplicacions de CAD literal. D'altra banda, les bases de dades d'aquestes aplicacions poden organitzar-se de forma centralitzada o distribuïda. Aquests factors condicionen les prestacions i l'enfocament general de l'aplicació i per aquesta raó és important conèixer a quina descripció correspon cadascuna.

· BIM implementat sobre CAD literal

Es tracta d'aquelles aplicacions de CAD literal que han acabat implementant sistemes BIM que s'hi superposen de manera més o menys transparent. Tenen l'inconvenient que el seu funcionament no és tan coherent ni fluid com els BIM natius, ja que s'han d'adaptar al motor i estructura dels seus hostes. Segueixen emprant capes per a organitzar el dibuix i mantenen una estructura de fitxers dispersa i la seva interface és força complexa. En canvi, tenen l'avantatge de permetre una migració cap als sistemes BIM molt més flexible i modular. El grau d'implementació del BIM pot fer-se al nivell i en el camp que es desitgi. Per exemple, es pot emprar BIM només per mantenir la consistència dimensional entre plantes, seccions i model tridimensional, però seguir treballant-les independentment o aprofitar les seves característiques per millorar el rendiment dels amidaments. Tot això amb la comoditat de seguir treballant amb la mateixa aplicació de sempre de manera totalment transparent, amb els avantatges de col·laboració multidisciplinar que això implica.

Estan dintre d'aquest grup Autodesk Architectural Desktop i Bentley Architecture. Els dos funcionen sobre els motors de CAD genèric més estesos del món. Van nèixer amb la intenció de competir amb les aplicacions BIM natives, les quals amenaçaven amb treure quota de mercat als CAD lliterals.

· Aplicacions BIM natives

Amb més antiguitat, en general, que els BIM implementats, existeixen les aplicacions creades amb la intenció de treballar amb BIM des del principi. Naturalment són molt més coherents i potents que els BIM implementats però tenen l'inconvenient que la migració des de un software CAD genèric cap a ells resulta més complicada a causa del canvi de filosofia de modelat que impliquen. Tots ells permeten treballar amb arxius provinents d'aquestes aplicacions però sempre amb certes limitacions. De fet, resulta més difícil incloure informació no BIM en general en aquesta mena d'aplicacions.

Totes elles tenen una estructura d'arxius coherent amb el concepte de bases de dades. Això les permet establir relacions paramètriques més avançades i contenir mes varietat i qualitat d'informació. També conseqüència d'això és la gestió integral dels projectes, desats en estructures més ordenades.

Estem parlant de les aplicacions Graphisoft ArchiCAD, Nemetschek Allplan, Vectorworks Architect i Autodesk Revit. Els dos primers fa uns vint anys que són al mercat i gaudeixen d'una antiga i abundosa comunitat d'usuaris. L'últim és un software molt més jove amb menys usuaris però és el que té una orientació més moderna.

· Base de dades centralitzada o en memòria

La idea és centralitzar la base de dades en el mínim nombre de localitzacions possibles, per tal de poder carregar la informació del model ràpidament independentment del sistema arquitectònic a la que pertanyi i de la seva ubicació en l'edifici. Això permet un accés dinàmic i fluid a la informació, així com l'establiment de relacions entre tots els objectes del model. També facilita l'organització de la base de dades, que sol estar molt guiada per l'aplicació. Per

contra, el consum de recursos de hardware és molt elevat i l'escalabilitat de la base de dades i de la pròpia implementació del model és limitada.

· Base de dades distribuïda o en fitxers

Es tracta d'una estratègia oposada a l'anterior. El model es reparteix en multitud de fitxers segons uns determinats criteris que solen tenir a veure amb una divisió del projecte segons àmbits físics (plantes) i categòrics (particions, mobiliari, instal·lacions, vistes, etc.) que es desen en fitxers independents als que s'hi accedeix mitjançant un gestor documental segons les necessitats dels interessats. El seu nivell d'escalabilitat és molt alt, ja que gaudeixen d'una gran flexibilitat en l'organització del model, permetent tant el seu creixement il·limitat com un treball multiusuari sense excessives complicacions. Per exemple, es poden gestionar urbanitzacions senceres d'habitatges de forma unificada, tot carregant les porcions dels edificis que es desitgi. Per contra, l'accés a la informació no és, ni de bon tros, tant dinàmic com en el cas anterior i la capacitat d'interactuar en els objectes es veu molt limitada si no resideixen en un mateix fitxer. Per altra banda, l'edició del model només es pot fer des de determinats fitxers (llenques corresponents a una divisió per nivells), ja que n'hi altres (alçats, seccions, etc) que s'obtenen com a productes extrets dels primers i, per tant, manquen de la capacitat d'editar el model.

· Intercanviadors BIM

Tal com ja s'explica en l'apartat 2.2.5, els intercanviadors BIM són bases de dades dinàmiques l'estructura de la qual està basada en un format públic d'intercanvi de models d'informació. Les aplicacions en llegeixen la informació que està emmagatzemada a nivell d'objecte. Es tracta de sistemes que encara estan en fase de desenvolupament però poden representar una solució a cavall de les dues anteriors.

	Estructura de la base de dades	Gestió del projecte	Modelat literal	Modelat paramètric lliure	Connectivitat Amb eines locals	Suport CAD	Grau de desenvol.
Aplicacions Natives:							
Autodesk Revit	1	★★★☆	★★☆☆	★★★★	★★☆☆	★☆☆☆	★★☆☆
Graphisoft ArchiCAD	1	★★★★	★☆☆☆	★★☆☆	★★★☆	★☆☆☆	★★★★
Nemetschek Allplan	3	★★★★	★★★☆	★★☆☆	★★★★	★★★★	★★★★
Aplicacions Implementades:							
Autodesk Architecture	3	★★☆☆	★★★★	★☆☆☆	★☆☆☆	★★★★	★★★☆
Bentley Architecture	3	★★☆☆	★★★★	★★★☆	★★☆☆	★★★★	★★★☆

Fig. 3.32. Taula comparativa de les característiques generals de les aplicacions BIM per al disseny arquitectònic més comunes.

3.4.3 APLICACIONS BIM PER AL DISSENY ARQUITECTÒNIC

Tot i que la majoria d'arquitectes han emprat sempre aplicacions de CAD genèriques, com ara AutoCAD, fa més de vint anys que es desenvolupen solucions especialitzades en el disseny d'objectes paramètrics propies del món de l'arquitectura. Fins ara, el seu èxit comercial ha estat molt limitat degut a que els condicionants del producte arquitectònic no han exigit l'ús d'eines més sofisticades ni els arquitectes i enginyers s'han interessat per elles. El perfil dels dissenyadors del sector de la construcció ha esta sempre molt menys tecnificat que el dels industrials, fet que ha dificultat l'evolució d'aplicacions amb tecnologia paramètrica.

No obstant, amb el temps han aconseguit arribar als nostres dies amb un nivell de sofisticació, usabilitat i eficiència notables. A pesar de les diferències de plantejament de cadascuna d'elles, comparteixen una sèrie de característiques comunes:

- ***Són fàcils d'emprar*** perquè els usuaris no acceptarien haver de passar per llargs processos de formació previs. També són relativament econòmiques (si les comparem amb eines de disseny industrial).

- ***La majoria d'objectes vénen preconfigurats*** per a que l'arquitecte pugui adaptar-los sense haver d'establir ell mateix els condicionants de cadascun d'ells. De fet, components com tancaments o fusteries, són força discretitzables en la majoria dels seus aspectes. No obstant, també són prou flexibles per a poder adaptar-se a la majoria dels desitjos dels usuaris.

- ***Permeten crear nous objectes paramètrics de forma més o menys simple***. Alguns recorren a assistents especialitzats que es complementen amb un llenguatge de programació propi. Altres, ofereixen un sistema de modelat paramètric cent per cent gràfic. Les possibilitats de parametrització geomètrica són limitades si les comparem amb eines més especialitzades, però suficients per a la majoria de les necessitats dels arquitectes.

- Tot i treballar amb objectes tridimensionals, ***permeten editar el model des de visualitzacions estàtiques i sintètiques com ara plantes, seccions i alçats***. El grafisme d'aquestes representacions és curós i amb unes possibilitats de personalització elevades. De rebot, garanteixen la coordinació entre la diversa documentació que es generi a partir del model tridimensional.

- ***El nivell de detall dels objectes tridimensionals és baix*** ja que, per una banda, seria improcedent especificar amb profunditat tots els components (per qüestions de productivitat) i, per l'altra, el maquinari que hauria de gestionar un model excessivament detallat no està a l'abast de la gran majoria dels arquitectes.

- ***Permeten la inclusió de components literals*** modelats tridimensionalment o bidimensionalment, ja sigui des del propi programa o des d'aplicacions de tercers. Això, a banda de solucionar el tema dels detalls constructius, permet incorporar components que no hagi estat possible crear com a objectes paramètrics. No obstant, la seva interacció amb la resta d'elements paramètrics sol ser limitada.

- ***Tenen una gran capacitat per a incorporar informació*** útil per a tasques d'altres disciplines, com ara el càlcul estructural, mecànic o energètic. Aquest és actualment un dels focus principals de desenvolupament, ja que els diferents interventors en el disseny d'un edifici, cada cop més especialitats, es beneficiarien enormement dels avantatges de treballar amb un model únic coordinat. No només pel fet de no haver d'introduir dades ja especificades per l'arquitecte, sinó també per la seguretat que dóna poder comptar sempre amb un únic model. Això serà possible ja que el conjunt d'objectes paramètrics i literals que formen l'edifici és tractat com una base de dades coherent però heterogènia que pot ser aprofitada per altres aplicacions.

- En relació a aquest punt, ***la majoria ja es connecten amb les aplicacions més populars*** de control de costos, càlcul estructural, càlcul energètic, infografia o gestió de l'obra.

- ***Gaudeixen d'una API de programació pròpia*** que permet el desenvolupament de pluguins de tercers que ampliïn les seves possibilitats. Actualment ja hi ha una certa varietat d'eines que empren aquesta estratègia per a interactuar amb els BIM.

- ***Són més o menys compatibles amb el format IPC2x2***, que pretén esdevenir un estàndard per a la definició d'objectes BIM.

- ***Integren un gestor de projectes*** que en facilita l'organització documental. Alguns d'ells empren un únic arxiu per a contenir el model, les vistes extretes, els plànols i les llibreries d'objectes emprats.

- ***Tots ells permeten el treball en equip sobre el mateix model d'edifici***. Alguns d'ells disposen de versions especialitzades per al disseny estructural o d'instal·lacions.

- ***El sistema de visualització de l'edifici està més o menys automatitzat*** i busca sempre la màxima correspondència amb el model tridimensional.

- ***Totes precisen d'un procés de formació previ al seu ús***. El seu nivell d'us és força més elevat que el necessari per a emprar la majoria d'eines de CAD literal. Tanmateix, el maneig de les aplicacions BIM es basa en alguns principis comuns.

- ***El seu nombre d'usuaris és molt més reduït*** que el de les aplicacions de CAD literal.

La majoria d'aquestes característiques justificarien per sí soles que la seva implantació generalitzada ja fos una realitat. Però el fet és que fins ara aquesta mena d'aplicacions no estaven prou depurades ni eren prou conegudes com per a que fos massivament acceptada. En concret, el mercat espanyol és força reticent a l'aplicació de noves tecnologies, i, tal com va passar amb les eines de CAD (AutoCAD) esperarà a que la seva implantació en la resta del món estigui més avançada. El present estudi intenta accelerar aquest procés i donar arguments per a que els professionals es decideixin a migrar-hi abans de que hagin de fer-ho apressuradament i de manera improvisada. Per això es tracta amb cura el tema del software en sí, ja que és la via d'accés a les promeses dels plantejaments de la Pràctica integrada i de la Tecnologia BIM.

Per altra banda, també és cert que fins ara les eines de CAD habituals, tot i ser molt ineficients, no impedien que el funcionament dels despatxos fos prou competitiu. Només cal recordar, per exemple, que fins fa no gaire els honoraris no estaven liberalitzats. Però en els últims anys, s'estan donant una sèrie de fenòmens que aviat faran molt aconsellables, per no dir indispensables, aquesta mena d'aplicacions. Els més rellevants són:

- ***La competència ha crescut enormement a causa de la globalització i al fort augment dels llicenciats en arquitectura***. S'han creat moltes petites i mitjanes empreses especialitzades en el disseny d'edificis que integren professionals de totes les disciplines necessàries. Això ha fet que els honoris descendeixin i que per tant, els professionals hagin de ser més productius.

- ***El grau de complexitat del fet constructiu augmenta constantment***. No només els edificis són més complexos i amb més interventors, sinó que les normatives que han d'acomplir són cada cop més laborioses de justificar.

- ***Les noves normatives obliguen a elaborar una sèrie de càlculs que forcen a introduir la geometria tridimensional de l'edifici i les prestacions dels seus materials.*** L'estalvi de temps que s'aconsegueix emprant alguna de les actuals connexions entre aplicacions BIM i els programes de càlcul és més que considerable.

- ***Els amidaments i pressupostos són cada cop més importants*** ja que estableixen el veritable contracte entre el constructor i el promotor. Molt més que els plànols. Ja hi ha solucions que vinculen de manera prou eficaç diversos aspectes quantitatius dels components de l'edifici amb blocs d'amidament de programes especialitzats.

- ***La progressiva desacceleració de l'activitat del sector de la construcció ha fet que molts dels professionals tinguin més temps lliure*** per a dedicar-se a formar-se en l'ús de noves tecnologies. Si no ho fan ara, desaprofitaran una bona oportunitat.

- ***Els fabricants de software són conscients de l'oportunitat que tenen de captar clients*** i estan llençant ofertes de llicències i formació força atractives. En particular, l'entrada al mercat espanyol d'un nou producte de la mà d'Autodesk ha revolucionat força un sector que feia anys que es repartia el pastís entre tres.

Per tant, sembla un bon moment per a conèixer amb profunditat aquesta mena d'aplicacions i poder decidir sobre la conveniència de la seva implantació a nivell professional, institucional i docent. A continuació s'esmenten les característiques generals de les aplicacions BIM per al disseny arquitectònic més conegudes internacionalment i distribuïdes a Espanya. Als capítols 4 i 5 s'analitzen en profunditat dues d'elles: Autodesk Revit Architecture i Graphisoft ArchiCAD. N'hi ha d'altres d'especialitzades en les altres dues disciplines principals (instal·lacions i estructures) com ara Tekla Structures o Revit MEP, però no seran comentades en aquest treball.

· Autodesk AutoCAD Architecture

Autodesk (nascuda al 1982) va començar a desenvolupar al voltant de 1997 programes paramètric 2D destinats al disseny mecànic a i més tard va desenvolupar Arquitectural Desktop

amb moltes dificultats. Per solucionar-ho va absorbir l'empresa Revit Inc. Amb la qual cosa va incorporar a les seves files el programa Revit (per a construcció) mantenint Inventor (per al disseny mecànic), que estava al mercat des de 1999. Les sinèrgies derivades d'aquesta nova adquisició van permetre millorar molt Arquitectural Desktop i Inventor, de tal manera que a partir de la versió 2004 (la cinquena) aquesta aplicació va començar ser veritablement útil.

Degut a agressives campanyes de promoció i a la seva total compatibilitat amb l'ampli ventall d'aplicacions CAD especialitzades de l'empresa, en poc anys ha aconseguit fer-se amb la majoria del mercat. Actualment es pot dir que és una aplicació força vàlida però que pateix en excés l'obsolet motor d'AutoCAD i continua essent comparativament molt més complexa de fer anar que altres aplicacions BIM. Per altra banda, el seu consum de recursos és espectacular. No obstant, el seu índex de productivitat és molt alt ja que permet distribuir la documentació entre diversos usuaris i implementar BIM de manera totalment escalable als projectes. Per a un usuari d'AutoCAD la migració és relativament senzilla. La documentació de suport, així com els fòrums relacionats existents a Internet són molt extensos.

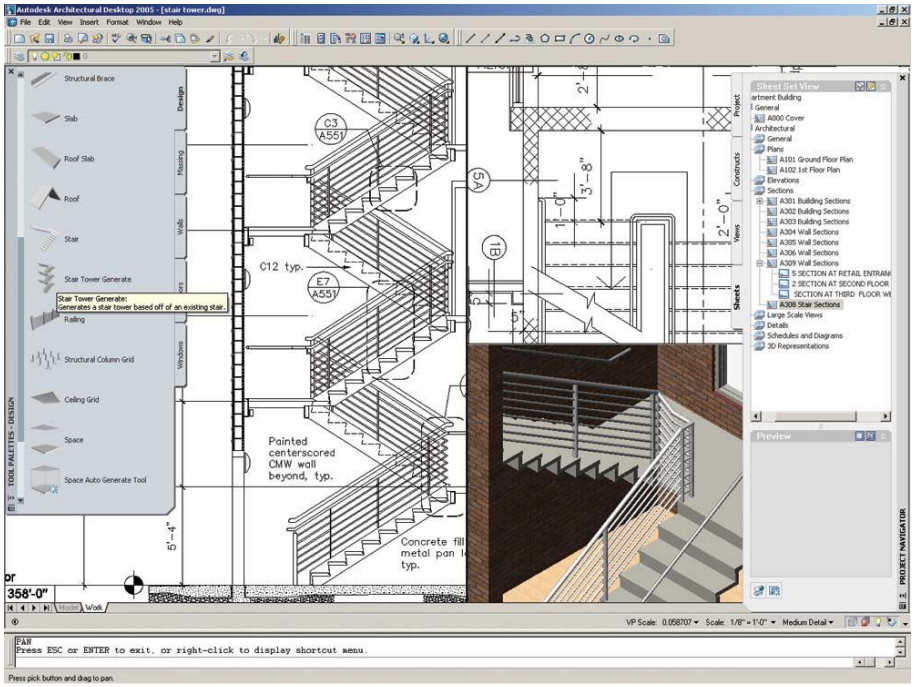


Fig. 3.33. Espai de treball de AutoCAD Architecture.

Per altra banda, degut a la seva base de dades distribuïda, és l'única aplicació BIM de vistes unidireccionals. És a dir, el model virtual no pot ser editat a través de totes les vistes que se n'extreuen i a més, moltes d'elles han de ser regenerades per reflectir els canvis fets al model. De fet, funciona com un AutoCAD amb objectes paramètrics i un navegador del model que distingeix entre arxius amb porcions del model i arxius amb vistes extretes.

· **Bentley Architecture**

Es tracta de l'equivalent a l'anterior però sobre el motor de Microstation. Per tant, gaudeix dels avantatges d'aquest i pateix els seus inconvenients. Per una banda, com a aplicació de CAD, Microstation és molt més potent i coherent, amb un ventall de possibilitats molt més àmplies,

però per l'altre, el nombre d'usuaris que el coneixen i el seu suport, sobretot a Espanya, és molt més limitat en relació l'anterior. No obstant, hi ha grans firmes internacionals que l'empren per a dissenyar edificis donada la seva elevadíssima versatilitat. A més, té l'al·licient de suportar de manera força transparent els fitxers d'AutoCAD.

La contrapartida és un sistema d'organització del model i del projecte molt complex i un nivell d'usabilitat baix en comparació a les eines natives. No obstant, cal remarcar que, a diferència d'AutoCAD Architecture, aquesta aplicació sí que és bidireccional, o sigui que es pot treballar de manera sincronitzada en el model tridimensional o en qualsevol de les seves vistes.

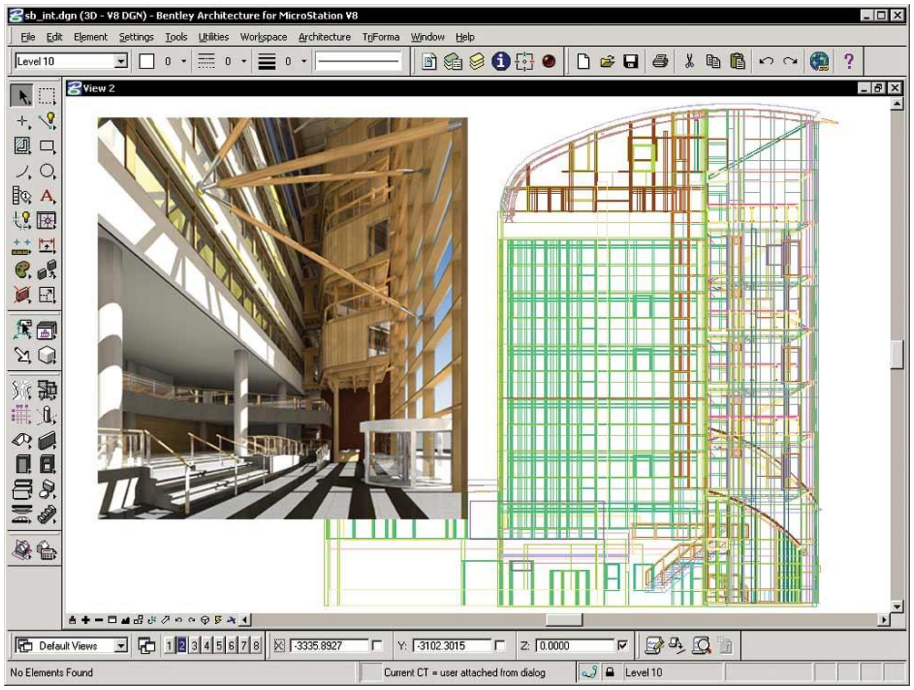


Fig. 3.34. Espai de treball Bentley Architecture.

· Vectorworks Architect

VectorWorks Architect fou desenvolupada per Nemetschek North America, que és una empresa independent però subsidiària de Nemetschek Europa. Originàriament estava orientada cap a empreses petites amb projectes poc complexos, però progressivament ha anat ampliant el seu radi d'acció. La seva filosofia es oferir un programa senzill amb una extensa llibreria d'objectes que permetin al dissenyador treballar sense gaires complicacions, sempre que el que vulgui fer no s'escapi de les possibilitats de l'aplicació. No obstant, les possibilitats del programa són molt àmplies ja que crea un model tridimensional acurat i també compta amb bones eines de dibuix 2D per a l'elaboració de detalls constructius o esquemes.

Per altra banda, està molt orientat a incloure etiquetes als elements que continguin informació relativa al materials, fabricants o al preu que després pot ser revisada per crear taules, etc. vinculades al dibuixos. També, incorpora avançades eines de modelat basats en NURBS, fet que el diferencia dels seus competidors i li permet treballar amb formes molt més lliures que la resta. També inclou un bon motor de renderitzat i és capaç perfectament compatible amb els formats de DXF i DWG.

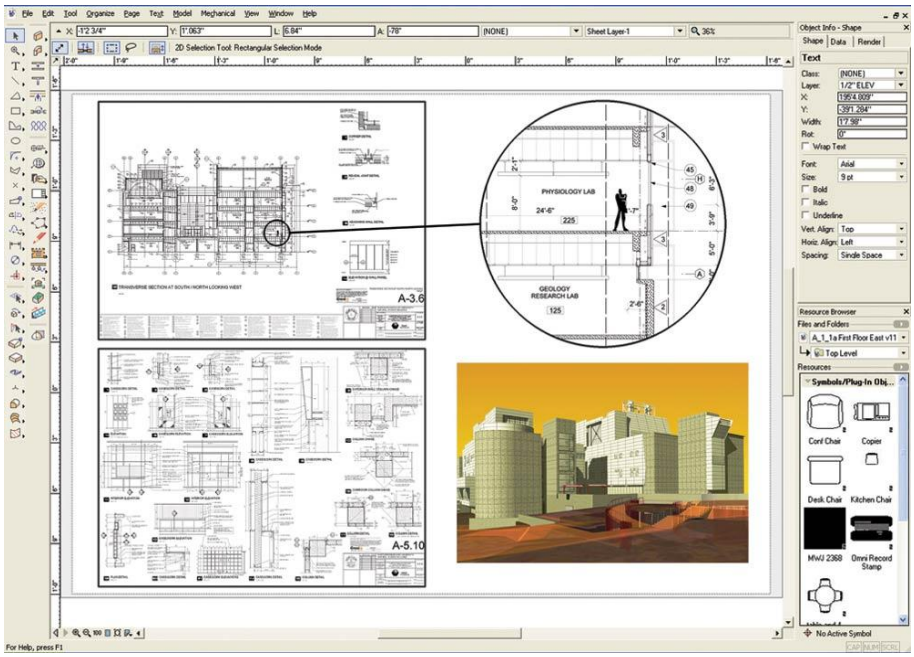


Fig. 3.35. Espai de treball Vectorworks Architect.

· Graphisoft ArchiCAD

ArchiCAD és el software per al disseny paramètric d'arquitectura plenament BIM més antic dels tres i per això té l'avantatge de tenir un bon bagatge tècnic a les seves esquenes. Hi ha milers d'usuaris que l'empren i existeix un relativament ampli ventall d'aplicacions de tercers fabricants que el complementen. Nascut per a l'entorn Macintosh, el seu origen es remunta a temps en els que no es podia pretendre que tota la documentació gràfica d'un projecte fos paramètrica i per aquesta raó inclou nombroses eines del CAD tradicional. De fet, tot i estar actualment plenament enfocat cap al BIM, està preparat per a poder complementar a mà de manera senzilla les representacions extretes dels models paramètrics. Possiblement aquesta ha estat la base del seu èxit fins ara, ja que, al igual que amb les aplicacions BIM implementades, l'usuari sempre ha pogut confiar en les eines CAD no paramètriques per a sortir del pas.

Tot i així, actualment no precisa de l'ús d'entitats literals per a la descripció de l'edifici, ni per a la seva visualització expressiva (a diferència d'Allplan). Quedant aquestes com un recurs alternatiu o reservat a les tasques de delineació dels detalls constructius.

Es tracta d'una aplicació coherent i estable, amb una organització del model calcada de la de Revit , però que conserva la flexibilitat del sistema de capes (amb assignació automàtica). Treballa amb un arxiu únic amb possibilitat d'accés simultani que emmagatzema les llibreries fóra d'ell (tot i que també s'hi poden incloure). Al igual que Allplan, els seus elements paramètrics tenen un gran nombre d'opcions que busquen cobrir totes les necessitats de disseny de l'usuari, fet que, a la pràctica, aconsegueix en la majoria de casos. Els objectes paramètrics, però, han d'estar preparats prèviament amb eines que exigeixen coneixements de programació, tot i que gaudeix d'algunes eines que poden facilitar la seva creació. La principal és la que permet convertir famílies de sistema en parts de famílies de component, de tal manera que es pot convertir, posem per cas, un sostre i quatre pilars en una taula.

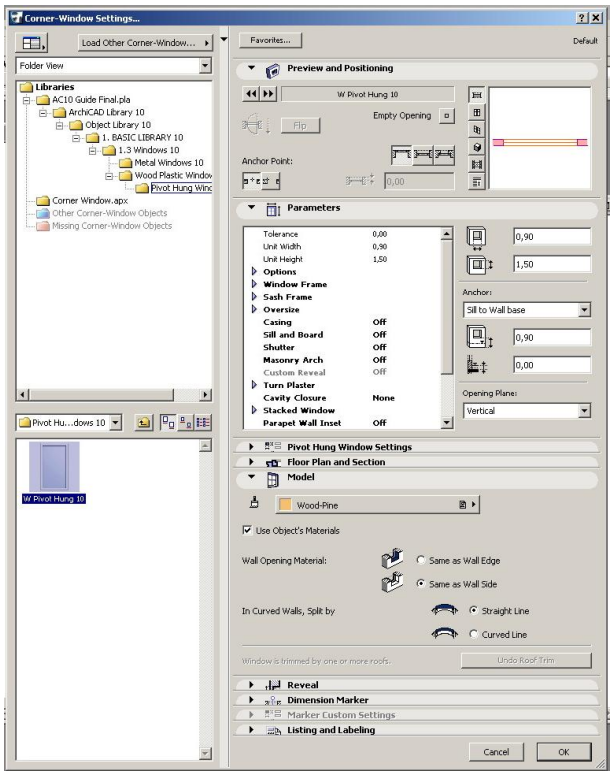


Fig. 3.36. Quadre de diàleg d'ArchiCAD Hi ha desenes d'opcions agrupades per temes ben i il·lustrats.

Fins l'any 2008 ArchiCAD només comptava amb una versió pensada per al disseny arquitectònic, però actualment ja compta amb el mòdul de MEP, que incorpora objectes i eines específiques per al disseny d'instal·lacions. També val a dir que el nombre d'eines i de connectors per a aquest software continua creixent.

· **Nemetschek Allplan**

Fins fa no gaire temps, "Allplan" era conegut aquí com el paradigma del software per al disseny arquitectònic. No obstant, l'envoltava una aura de misteri, doncs els detalls del seu funcionament no eren molt coneguts per la majoria d'usuaris d'aplicacions de CAD, els quals desconfiaven de les seves qualitats.

A pesar d'això, la seva comunitat d'usuaris a Espanya és prou significativa i fidel, gràcies a que el seu nivell de sofisticació i les seves possibilitats superaven en molt al seu principal competidors, AutoCAD. No obstant, encara té l'inconvenient de resultar força críptic i de tenir un suport força limitat. El cert és que Allplan és una aplicació que venia de l'entorn Unix que va migrar en un moment donat cap als sistemes Windows, fet que va obligar a canviar radicalment la seva interface, ja que l'anterior resultava incomprensible per als usuaris d'aquest sistema operatiu. El procés de millora continua, però encara resulta força tosca perquè els seus desenvolupadors centren els seus esforços en que les seves funcionalitats siguin efectives i fiables, objectiu que acompleix amb major èxit que els seus competidors. El plantejament pragmàtic és el que prima.

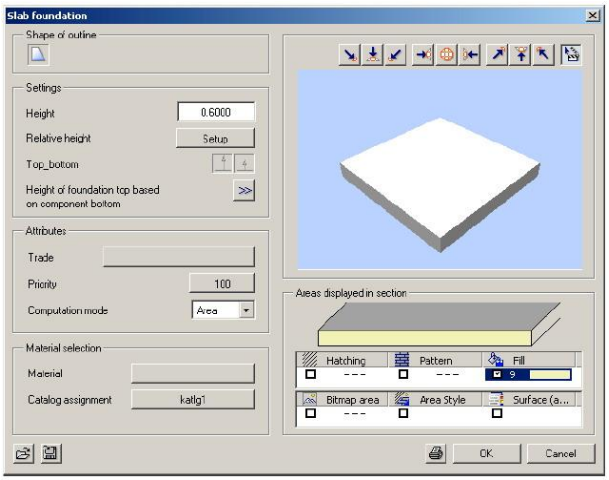


Fig. 3.37. Quadre de diàleg d'Allplan on s'aprecia l'antiquat aspecte de la interface d'aquesta aplicació. No obstant les seves prestacions sí estan al dia.

Actualment és una aplicació molt competitiva que sap donar resposta als problemes més específics dels seus usuaris, modelant la informació de manera similar a la d'una aplicació de CAD (model repartit en fitxers, estructura d'objectes amb poca jerarquia, etc.). La seva estructura de documentació és radicalment diferent a la de la resta d'aplicacions BIM natives i recorda a la que tenien els antics softwares de CAAD com "Arris". Els projectes es desen en una carpeta on cada porció del model està guardada en un fitxer independent, de tal manera que cada usuari pot carregar-ne el nombre de porcions que desitgi però nomes editar-ne una alhora. El conjunt del projecte es gestiona amb una eina específica que permet canviar-ne l'estructura documental segons les necessitats de cada moment, la qual cosa el fa molt escalable. AutoCAD Architecture treballa, actualment, de manera similar, però Allplan funciona de manera més òptima.

· Autodesk Revit Architecture

És la mes jove de totes i la que es més fidel als principis del BIM. Es va desenvolupar per l'empresa Revit Technology Corporation com el primer software per al disseny arquitectònic totalment paramètric. Posteriorment, la companyia va ser absorbida per Autodesk, la qual buscava solucions pel seu inoperant Architectural Desktop. Veient el potencial de Revit, Autodesk va decidir mantenir el desenvolupament de les dues línies de software sense tallar-ne cap de les dues. Revit hauria de tenir més futur a llarg termini que AutoCAD Architecture ja que es tracta d'una aplicació molt més coherent i de fet, poc a poc els usuaris d'aquesta migren a la primera. Desktop permet una migració menys arriscada i mantindrà la seva cantera d'usuaris mentre que Revit està destinat per a entrar de ple en la tecnologia BIM.

La principal diferència respecte als seus competidors és la seva interface de parametrització gràfica que li permet descriure qualsevol objecte amb independència de la seva categoria. En comptes d'afegir opcions a cada mena d'element, en permet la seva parametrització des de zero mitjançant eines gràfiques d'ús genèric. Les diferències de comportament i representació dels elements venen donades per la categoria dels objectes, no per la seva composició. Revit és l'aplicació que manté una organització jeràrquica vers els elements arquitectònics més clara, i per això és la que ha servit d'inspiració per a la terminologia emprada en aquest treball.

Per altra banda, separa clarament la visualització de la representació del model, de tal manera que es poden manipular les seves vistes amb modificadors que no afecten el model però que queden lligats a ell i a una vista en concret.

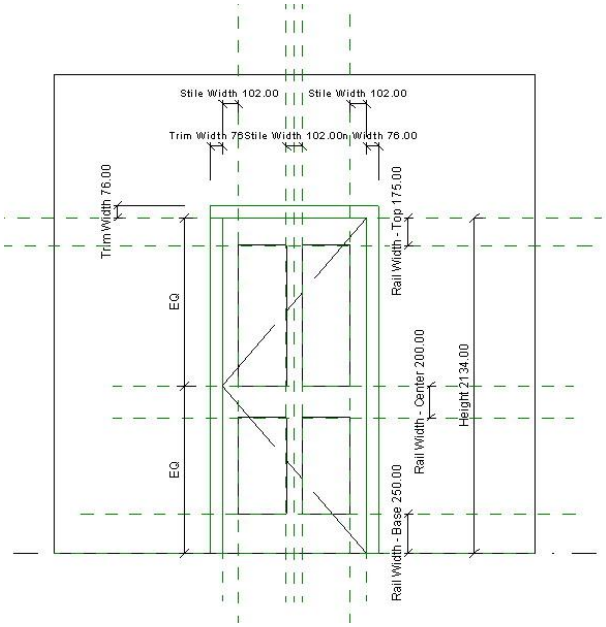


Fig. 3.38. Visualització en alçat d'un model paramètric d'una porta elaborat amb Revit. Les seves característiques no es controlen mitjançant opcions sinó a través de l'especificació de condicions directament sobre el model.

Però el que potser sigui l'aspecte més revolucionari és la capacitat de l'aplicació d'actualitzar totes les vises del model de manera simultània i d'oferir-les com a port per a la seva edició. De fet ," Revit " és l'acrònim de "Revise instantly".

En paral·lel a aquesta aplicació, Autodesk disposa de dues versions més especialitzades en el disseny estructural i el d'instal·lacions. Es tracta de Revit Structure i Revit MEP respectivament.

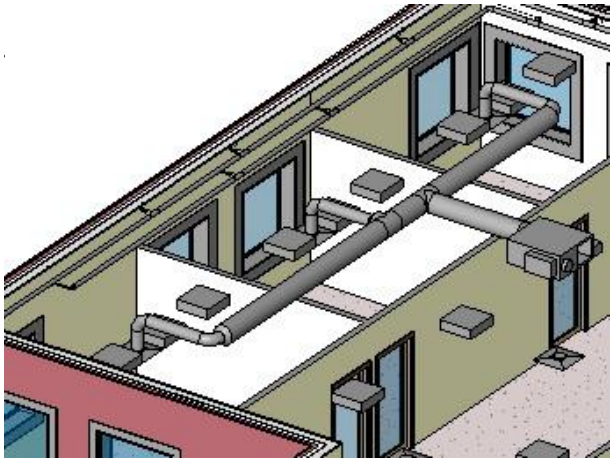


Fig. 3.39. Revit MEP sobre un model generat amb Revit Architecture.

· Gerhy Technologies Digital Project

El conegut software de disseny paramètric, CATIA, va servir de base per al desenvolupament d'aquest conjunt d'aplicacions per part d'una secció de la firma de Frank Gerhy. Bàsicament, es tracta d'una personalització de determinats mòduls per tal de fer-los apropiats per al disseny arquitectònic, simplificant el seu maneig i incloent un sistema de gestió del projecte a l'estil de les solucions BIM. Per altra banda, disposa de multitud de mòduls especialitzats en el disseny estructural, d'instal·lacions, etc. El seu únic inconvenient és una major complexitat d'ús en front a les primeres, però, tal i com va passar amb CATIA, probablement resultarà una eina de referència en un futur pròxim, fet que la farà arribar a més usuaris.

Digital Project és la materialització del concepte d'eina de disseny definitiva, capaç de tocar qualsevol àmbit, però actualment, el preu de les seves llicències i l'elevat cost de la formació i migració que requereix la seva implementació, la fan només aconsellables per a determinats tipus d'edificis.

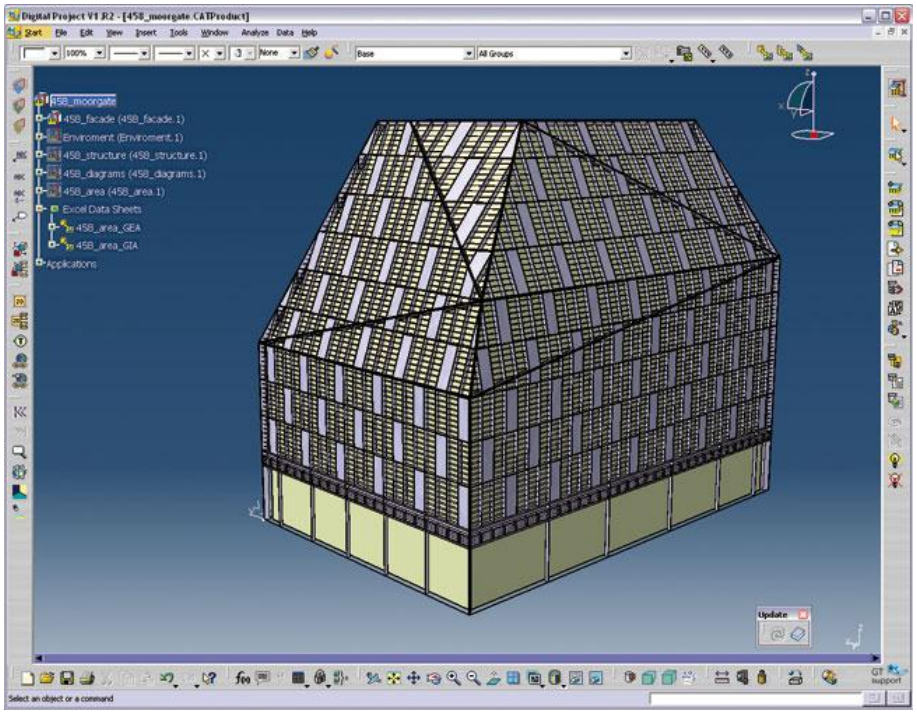


Fig. 3.40. Digital Project mostrant un projecte actual d'Allies and Morrison Architects.

3.4.4 EINES BIM PER AL DISSENY ARQUITECTÒNIC

Les eines BIM són programes destinats a l'anàlisi i la simulació de dades extretes dels models BIM generats amb les aplicacions BIM. Treballen en àmbits especialitzats, com ara el control de costos o l'anàlisi del compliment de normatives. El seu nombre és molt gran i va creixent a mesura que se'n desenvolupen de noves per a cobrir les necessitats de tots els implicats en el fet constructiu al llarg de tot el cicle de vida de l'edifici. Per altra banda, les aplicacions d'anàlisi pre-BIM han anat incorporant en els últims anys capacitats d'importació de les dades de les aplicacions BIM més populars, ja sigui a través de formats d'intercanvi (generalmet IFC) o mitjançant connexions específiques.

La limitació d'aquestes eines rau en la seva falta d'interoperabilitat, que els impedeix emprar la informació obtinguda de les anàlisis d'unes en benefici de les altres. Per altra banda, la connexió amb les aplicacions BIM acostuma a ser unidireccional. És a dir, el producte obtingut per les eines sol poder alimentar el model BIM; exceptuant, és clar, aquelles que treballen directament sobre el model mitjançant l'API de l'aplicació.

També podem incloure en aquest grup eines destinades al modelat específic d'informació en el model BIM, en forma de pluguins que assisteixen l'addició de dades o la creació d'objectes en el sí del model d'informació. D'un caire més privat, també existeixen nombroses personalitzacions que les grans firmes desenvolupen a través de les APIs de programació de les aplicacions i que permeten desenvolupar tota mena de tasques de modelat o anàlisi de la informació.

A continuació s'enumeren només una petita mostra, amb la finalitat de donar una idea general del seu ampli ventall d'aplicació.

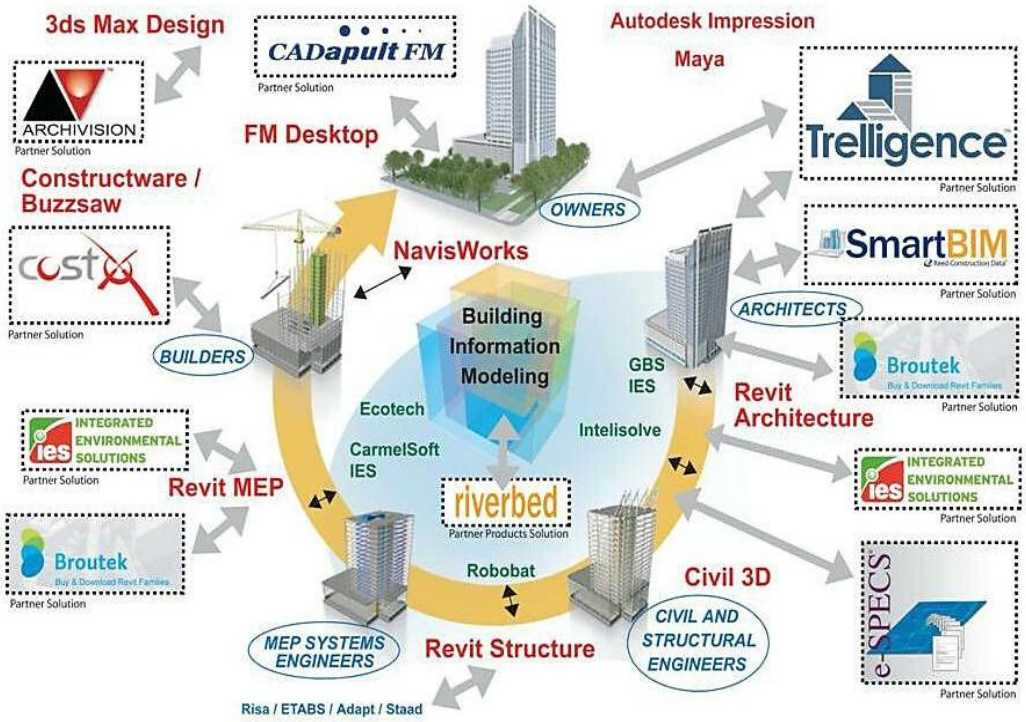


Fig. 3.41. Imatge publicitària d'Autodesk mostrant un determinat ventall d'eines connectables a les aplicacions BIM de la marca (en vermell).

· Eines per al disseny formal

Tot i que les aplicacions BIM tenen certes prestacions per al modelat conceptual de la forma, necessari en les fases primerenques del disseny, hi ha tot un ventall d'eines especialitzades en el modelat ràpid que serveixen com a base per a començar el disseny o per a incloure geometria especial dins del model BIM.

Podem incloure en aquest grup els coneguts Form-Z, o Google Scketh-UP Però també Rhino o qualsevol eina de modelat tridimensional amb un alt nivell d'usabilitat.

· Eines per al disseny paramètric

Totes es aplicacions BIM permeten el disseny paramètric dels seus objectes, però totes tenen mancances al respecte. O bé són difícils d'emprar, o bé necessiten programació, o bé tenen limitacions en el seu camp d'acció. Per això, existeixen eines especialitzades en la creació d'objectes paramètrics, com ara les eines Objective per a ArchiCAD, que permeten crear objectes paramètrics mitjançant mecanismes gràfics en comptes de la programació GDL.

Per altra banda, també existeixen eines de disseny paramètric per a sistemes arquitectònics completes com ara Maxoform o Bentley Generative Components.

Fig. 3.42. Projecte de gratacels elaborat amb Generative Components. La seva construcció seria impossible sense una eina d'aquesta mena.

· Eines per al disseny funcional

Estan especialitzades en el desenvolupament del concepte del projecte pel que fa als seus requeriments funcionals. Permeten modelar espais tot assignant-los característiques per a després analitzar factors com el seu cost o l'optimització de circulacions. En són exemples Facility Composer, Trelligence, Dprofiler, Visio Space planing o Vectorworks space planning.

· Eines per al disseny detallat

Es tracta d'eines que serveixen per afegir informació al model per tal d'augmentar el seu nivell de detall o per a modelar objectes que no es poden modelar amb les eines de l'aplicació. N'hi ha de tota mena com ara Tools4revit o els complements de Cigraf per a ArchiCAD.

· Eines per l'anàlisi de costos

Si bé les aplicacions BIM tenen una certa capacitat per a incloure informació d'aquesta mena en el model i realitzar càlculs de costos de la construcció del projecte, resulta molt apropiat l'ús d'enes específiques d'amidaments i pressupostos que treballin amb partides d'obra i bancs de preus. Moltes de les ja existents al mercat han desenvolupat connexions amb es aplicacions BIM més comunes, com ArchiCAD, Allplan o Revit. En aquesta direcció tenim Innovaya Visual Estimating, Vico estimator, Vico Cost explorer, Presto i Arquímedes.

· Eines per a l'anàlisi espacial

Es tracta d'eines que llegeixen la geometria del model per analitzar diferents aspectes, com la compatibilitat espacial dels diferents sistemes. O el compliment de normatives d'accessibilitats. En aquest camp podem trobar Autodesk Navisworks o Solibri Model Checker

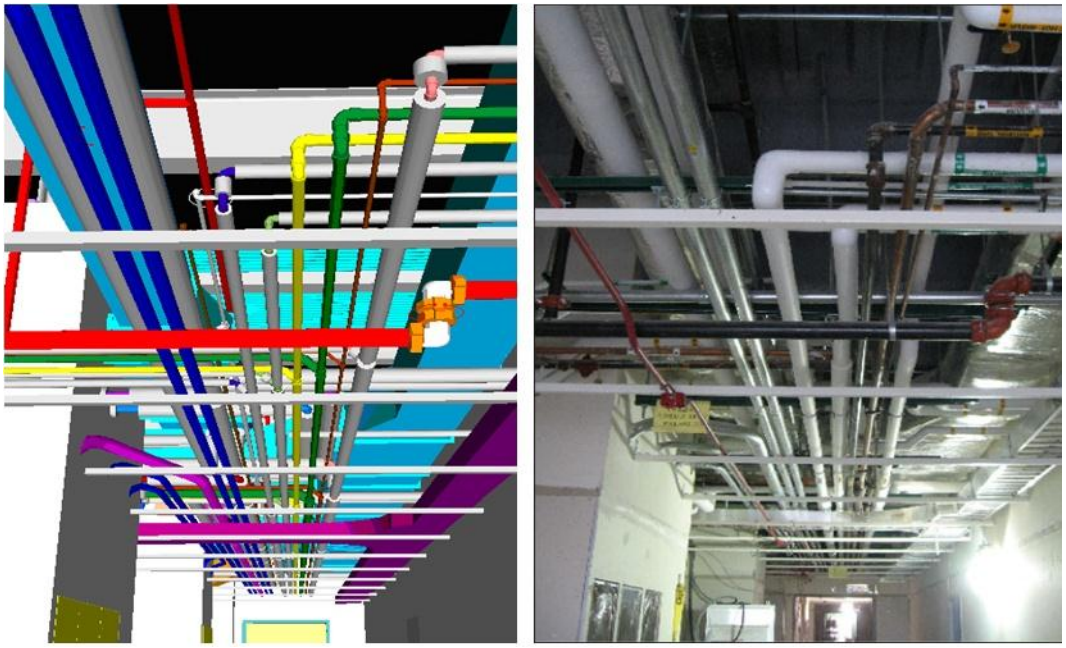


Fig. 3.43. Modelat de les instal·lacions d'un projecte i el resultat obtingut a l'obra.

· Eines per a l'anàlisi energètica

El desenvolupament d'aquesta mena d'aplicacions és un dels centres d'atenció dels dissenyadors per l'augment del pes dels criteris de sostenibilitat en la concepció dels edificis. Solucions com Autodesk Ecotect, IES o Green Building Studio en són un bon exemple. És una llàstima que a Espanya s'obligui a complir la normativa d'eco-eficiencia respectant empírics criteris de disseny (sovint erronis) i realitzant limitadíssims càlculs amb les aplicacions

anacròniques Líder i Calener. En aquest aspecte, val a dir que la majoria de les aplicacions BIM que es venen en aquest país exporten el seu model al format d'aquests productes.

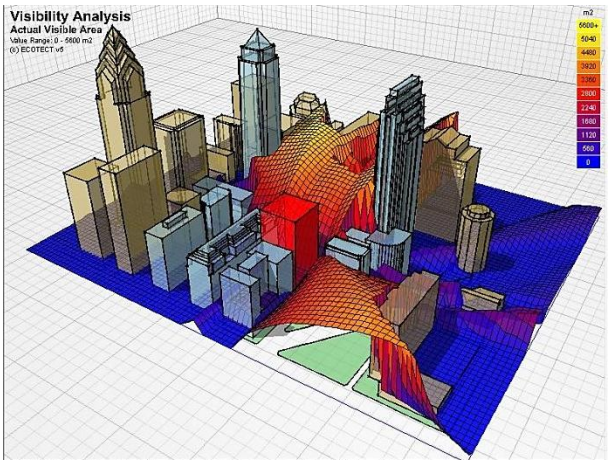


Fig. 3.44. Autodesk Ecotect

· Eines per al càlcul estructural

El càlcul estructural és un criteri de disseny decisiu, per això els principals desenvolupadors d'aplicacions BIM s'han assegurat de disposar d'almenys d'una eina de càlcul estructural que es pugui connectar bidireccionalment amb les seves aplicacions BIM de disseny estructural. Autodesk Robot Structural Analysis i Nemetschek SCIA són les més conegudes. Cype, Tricalc poden importar models IFC des de les aplicacions del grup Nemetschek, però actualment no gaudeixen de connexió bidireccional amb cap aplicació BIM.

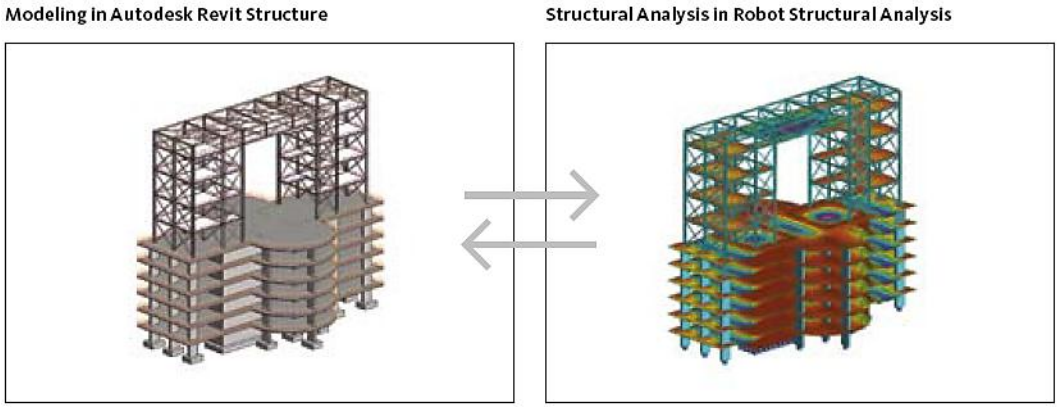


Fig. 3.45. Autodesk Robot Estructural Analysis es connecta bidireccionalment amb Revit Structure, el qual pot compartir el BIM amb Revit Architecture i Revit MEP.

· Eines per al càlcul d'instal·lacions

El comentat per al càlcul d'estructures val per les instal·lacions amb la diferència que algunes aplicacions BIM ja poden fer per sí soles els càlculs requerits per al seu dimensionalment. En aquest sentit, tenim Revit MEP, Allplan Enginyeria ArchiCAD MEP o Bentley Systems. De retruc, aquestes eines esdevenen instrument per al disseny energètic, ja que han de tenir en compte els factors físics dels espais que tracten.

· Eines per a la integració disseny - construcció

Hi ha eines que permeten planificar la construcció d'un edifici a través del seu disseny realitzant les anomenades simulacions 5D (les 4D són les relacionades amb el cost). Autodesk Navisworks Vico 5D Presenter són dues d'elles.

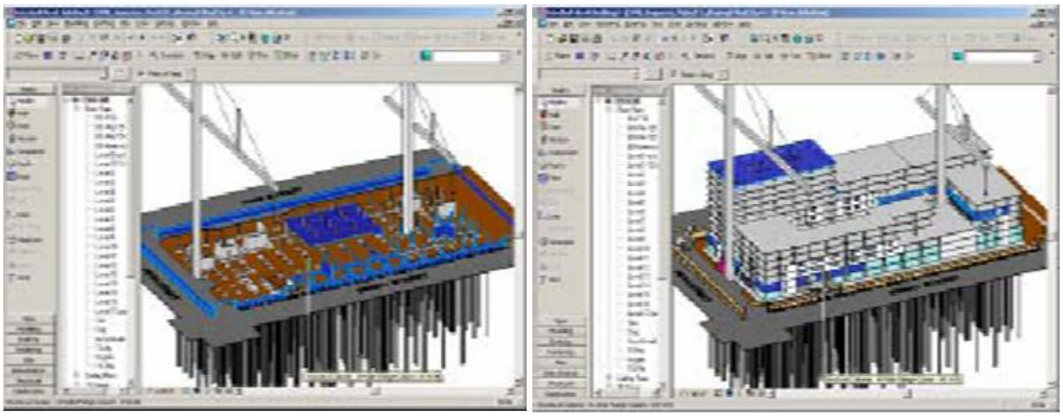


Fig. 3.46. Panificació de la construcció dels sostres d'un edifici.

· Eines per a la gestió del projecte

La gestió del projecte en quan a les tasques de cadascun dels implicats és una necessitat molt important en el desenvolupament del mateix, especialment quan es treballa amb models d'informació multidisciplinars. Per altra banda, cal gestionar els fitxers que contenen les bases de dades i els que es generen com a exportacions parcials de la informació dels models a fi de compartir-la amb les eines especialitzades.

Per aquesta raó, al voltant de la Tecnologia BIM existeixen una sèrie d'eines destinades a gestionar tasques, persones, comunicacions i suports digitals. Dins d'aquest grup trobem Autodesk Buzsaw, Autodesk Vault, Bentley Project Wise, Vico Office Suite, Nemetschek MyOfiice i Newforma Project Center.

· Eines per a la simulació visual

Tot i que la majoria d'aplicacions BIM, per no dir totes, inclouen motors de simulació visual amb diferents graus de qualitat, sempre hi ha hagut eines especialitzades en aquestes tasques que actualment han implementat connexions força afinades amb les aplicacions BIM de la seva mateixa companyia. D'aquesta manera, s'aconsegueix aprofitar la feina de modelat tridimensional i d'assignació de materials als objectes (per a computar-ne els costos, per exemple) per a obtenir imatges fotorrealístiques en l'eina receptora. Actualment 3DSMax o Cinema 4D són capaços d'importar la informació necessària dels models de Revit o d'ArchiCAD i Allplan respectivament conservant l'assignació de materials.

· Eines per a la portabilitat del model

Quan es vol transmetre part de la informació d'un model BIM complex a terceres persones, resulten molt apropiats els formats d'intercanvi portàtils com ara Adobe PDF o Autodesk DWF.

Les aplicacions BIM disposen de pluguins per a generar aquests arxius, que poden contenir també informació tridimensional, a partir de vistes o conjunts de selecció dels seus models d'informació. Mentre que Adobe ofereix un estàndard de documentació electrònica, Autodesk gaudeix d'una molt millor adequació a les necessitats de transmissió d'informació volumètrica i de les dades que s'hi relacionen.

3.4.5 EL FUTUR DE LES APLICACIONS BIM

Actualment resulta evident l'esforç que estan realitzant tots els fabricant per expandir-se comercialment tot millorant la pedagogia dels continguts de les seves webs, anunciant-se en els mitjans i muntant jornades informatives. A Espanya, el combat es dóna principalment entre Autodesk Revit, Nemetschek Allplan i Graphisoft ArchiCAD.

Autodesk ja ha aconseguit que el seu nou producte, Revit, funcioni adequadament i alhora generar un inèdit entusiasme entre els seus usuaris, degut sobretot a l'avantguarda de molts dels seus plantejaments. De fet, actualment tot indica que és l'aplicació BIM més utilitzada. Per altra banda, la promesa d'Autodesk de desenvolupar una plataforma unificada per al disseny i gestió multidisciplinar de l'edifici està agafant credibilitat, ja que a banda de la versió Architecture, Revit MEP (abans Systems) i Structure han experimentat un ràpid desenvolupament que les ha convertit en perfectament operatives. També ha aconseguit una integració total amb 3DStudio Max. En un futur, altres fabricants podrien desenvolupar noves especialitzacions basades en la seva API de programació que treballarien directament sobre el model de Revit. Per altra banda, sembla que, de mica en mica, es va ampliant el nombre d'aplicacions de tercers que s'hi poden connectar, tot i que encara els fabricants espanyols d'aplicacions per al càlcul d'estructures o el control de costos no ho fan (només són capaços d'importar-ne IFC). Sembla doncs que el principal focus d'atenció per als pròxims anys serà la interoperabilitat i el desenvolupament d'aplicacions de gestió de la informació basades en la seva API, ja que la potencia del seu motor BIM pel que fa al disseny formal està ja un bon nivell.

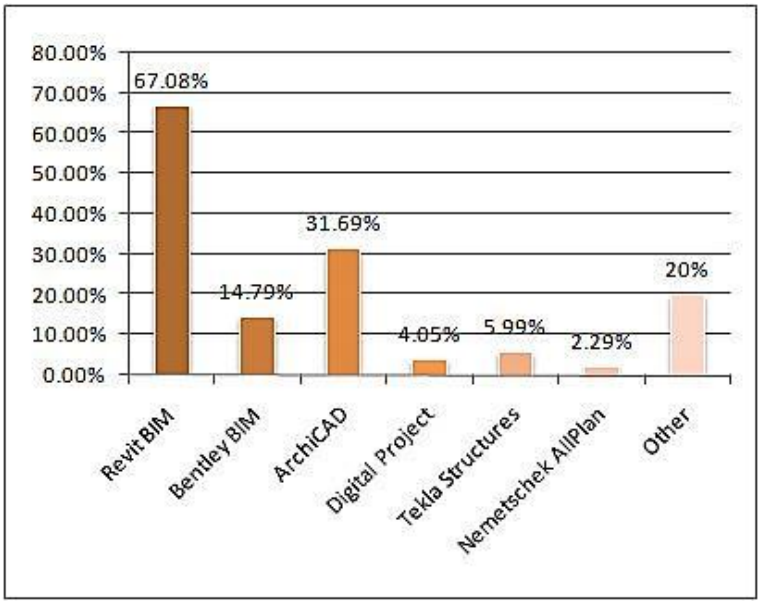


Fig. 3.47. Resultats d'una enquesta realitzada per la AECbytes.com al 2007.

Allplan, en canvi, ja gaudeix d'unes capacitats de connexió amb aplicacions de tercers força envejables. Per una banda, Nemetschek disposa de tota una línia de productes propis compatibles amb Allplan per a cobrir diverses disciplines. A banda d'Allplan Arquitectura, hi ha un amplíssim ventall d'aplicacions: Allplan Enginyeria (per a estructures), Allplan instal·lacions, Allplan prefabricats, On-Site Survey (per a aixecaments in-situ), On-Site Photo (aixecaments fotogràfics), Cinema 4D (infografia), Maxwell render (simulador d'il·luminació natural), Design to Cost (amidaments i control de l'obra), Oficina mòbil (solucions de mobilitat amb transmissió de dades CAD), My office (gestió integral de projectes) i X-World (base de dades amb tecnologia d'objectes). Per altra banda, es connecta amb nombroses aplicacions de tercers, entre les que estan Presto, Gest o Arquímedes, però també altres de càlcul energètic o de gestió de residus. Al contrari que la resta, però, peca d'una interface molt més espartana (doncs els esforços s'han concentrat en altres aspectes) i d'una estructura de projecte més complexa. Tampoc el seu motor gràfic i d'edició està a l'alçada del de la competència i no disposa d'un modelador paramètric com el de Revit. Per això, seria raonable pensar que evolucioni justament en la direcció de millorar aquestos aspectes, tot i que difícilment canviarà el rumb pragmàtic dels seus plantejaments.

Pel que fa a ArchiCAD, no sembla que la seva compra per part de Nemetschek pugui perjudicar-lo a curt termini, doncs sembla que no es planteja eliminar-lo ni absorbir-lo. Simplement pretén participar dels beneficis d'aquesta empresa i aprofitar-ne les sinèrgies. De fet, el motor d'ArchiCAD és mes avançat que d'Allplan i és possible que Nemetschek hi inverteixi.

De fet, ArchiCAD continua evolucionant i actualment ja disposa d'una suite especialitzada en el disseny d'instal·lacions, quedant pendent la de disseny estructural De tota manera, això no representa un problema en el nostre mercat, ja que encara estem en una fase inicial de penetració d'aquesta tecnologia i les aplicacions BIM s'empren majoritàriament per al disseny d'arquitectura en exclusiva. Precisament en aquest camp ja gaudeix d'una connectivitat amb aplicacions de tercers equivalent a la d'Allplan, almenys en el terreny local.

· Expansió cap a altres disciplines

Ara que el camp del disseny arquitectònic sembla prou cobert, sembla que l'objectiu comú de totes les aplicacions BIM és sobrepassar el món del disseny arquitectònic per a cobrir altres disciplines, tot conformant plataformes formades per bases de dades heterogènies que integrin tota la informació de l'edifici, sigui formal, estructural, tecnològica o funcional per a que pugui ser dissenyada, auditada o estudiada per tota mena de professionals. Pel que fa a les seves prestacions de disseny paramètric, el que actualment ofereixen és suficient, però podrien avançar molt en aquest aspecte donat l'actual context del modelat paramètric en general.

Per això, no s'ha de pensar que el disseny arquitectònic deixarà de desenvolupar-se en un entorn multi-CAD, Al contrari, el que haurà de millorar és la capacitat de les aplicacions BIM d'integrar dades generades amb software especialista. Per exemple, elements formalment molt complexos o procedents d'altres disciplines s'hauran de modelar amb aplicacions de modelat avançat per a desprès incorporar-les al model BIM de manera que en participi de manera coherent amb la resta de components. Per altra banda, s'avançarà en la integració de bases de dades, de tal manera que la gestió de recursos com ara els estocs de materials pugui visualitzar-se en models tridimensionals.

Les aplicacions BIM volen ser un suport multidisciplinar que sigui capaç de coordinar dades i interessos de molt diferent naturalesa, per a donar resposta al que haurà d'acomplir l'edifici construït. A mesura que vagi passant el temps aniran implementant prestacions de modelat i anàlisi de la informació útils als diferents implicats en la promoció, disseny, construcció i explotació de l'edifici tot seguint l'evolució de la implementació de la Tecnologia BIM que ha començat per als professionals del disseny arquitectònic i que probablement acabarà en els contractistes i els usuaris, passant pels industrials.

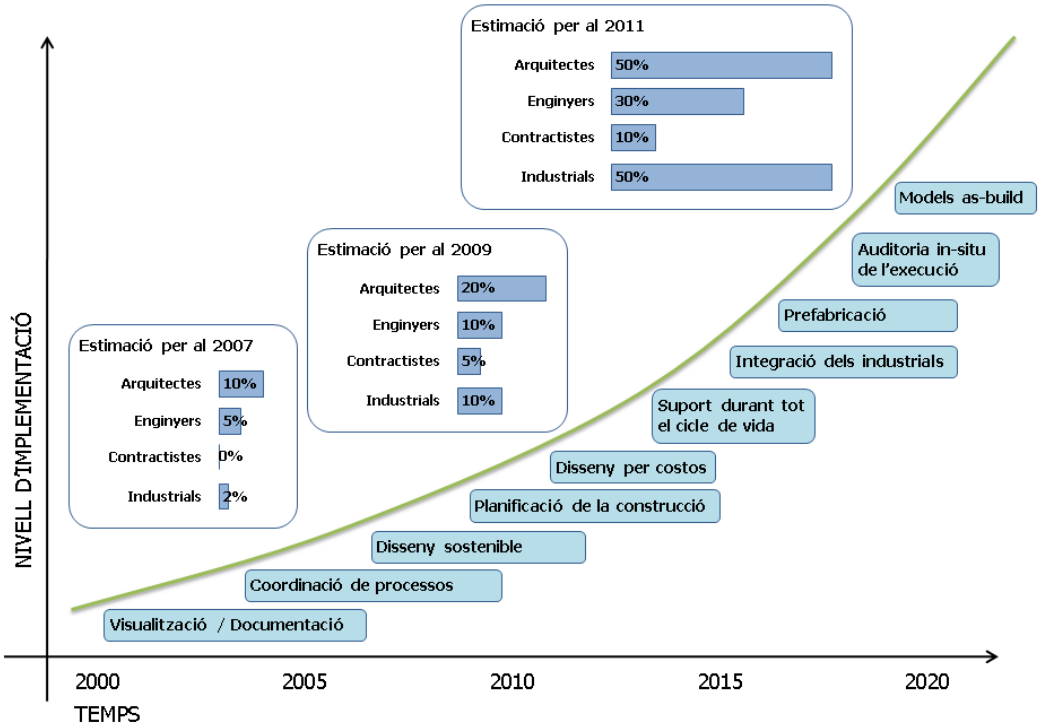


Fig. 3.48. Previsió de l'evolució de la implementació de la Tecnologia BIM

3.4.6 CONCLUSIONS

El ventall d'aplicacions BIM existents al mercat està prou madur com per a prendre's seriosament la migració cap aquests sistemes. Cada solució té els seus punts forts i les seves mancances. Des del punt de vista pragmàtic, la clau per a escollir una o altra aplicació per implementar-la en el despatx professional o en la docència universitària està en trobar un punt d'equilibri entre les prestacions del software, les necessitats pròpies i el suport que el distribuïdor local ens pugui oferir. La quantitat de recursos d'aprenentatge com ara cursos, tutorials i fòrums disponibles a la xarxa pot donar una idea del suport que tindrem a l'hora de migrar. De tota manera, l'objectiu d'aquest treball no és el d'aconsellar una o altra aplicació sinó la d'informar de la seva idoneïtat i donar eines per a la seva elecció.

Per altra banda, el creixement exponencial que ha experimentat en els últims anys el nombre d'aplicacions, comercials o privades, que es connecten amb solucions BIM ens dóna una idea del nivell tecnològic de que gaudeixen alguns despatxos. Per això, és important reconèixer que implementar BIM es sobretot una decisió estratègica que va en direcció a millorar la competitivitat. Podem endarrerir la implementació del BIM a Espanya un temps, però tard o

d'hora, el món de l'arquitectura d'aquí haurà d'assumir aquest canvi i, amb tota seguretat, no es podrà dur a terme sense una inversió en investigació i formació que aprofiti les sinèrgies entre el món professional i l'acadèmic.

Sempre hi ha la por que el talent de l'arquitecte o l'estudiant es dilueixin en la complexitat creixent de les eines que utilitzen, però això només es podrà evitar si s'aprèn a emprar-les en favor seu. Les aplicacions basades en objectes han d'alliberar-los del pes d'un sistema de treball basat en representacions estérils que fa temps que ha entrat en crisi al no poder donar resposta a les necessitats reals dels professionals. Per altra banda, treballar amb Tecnologia BIM permet analitzar com els components d'un edifici es relacionen entre sí, fet que resulta pràctic i didàctic alhora.

No obstant, és evident que no podrem treure conclusions sobre les conseqüències artístiques de la seva implementació fins que un bon nombre d'escoles i despatxos comencin a treballar amb aplicacions BIM, però també és cert que les excuses per a no migrar-hi cada cop són més obsoletes.

El procés de migració serà lent i progressiu, tal com va passar quan el CAD va anar substituint la delineació manual. Segurament com llavors, s'haurà de nodrir d'estudiants que ajudin als professionals. Però degut a la complexitat i a l'interès conceptual d'aquestes eines, seria una llàstima que el món acadèmic desaprofités l'oportunitat d'enriquir aquesta relació. De fet, diverses universitats europees i americanes ja imparteixen assignatures relacionades amb el BIM que proven d'anar més enllà de les qüestions merament instrumentals.

Fig. 3.49. Projecte per a l'ampliació del museu d'art de Denver mostrat al simposium de la Universitat de Minnesota on les aplicacions BIM formen part del currículum docent.

Capítol 4.
ANÀLISI D'AUTODESK REVIT ARCHITECTURE 2010

4.1 INTRODUCCIÓ

En aquest tema es situa Revit en el context de les aplicacions BIM i es detalla l'estratègia general de l'anàlisi de l'aplicació.

4.1.1 AUTODESK REVIT COM A APLICACIÓ BIM

Autodesk Revit té una història molt curta, de només cinc anys. Fou originàriament desenvolupat per una altra empresa, Revit Inc. que va ésser comprada per Autodesk que es trobava amb serioses dificultats en el desenvolupament del seu propi software BIM basat en AutoCAD, Architectural Desktop. Autodesk es va fixar en aquesta aplicació perquè havia estat concebuda en els seus orígens com un software per al disseny paramètric, amb una interface molt coherent i un funcionament força senzill. El repte estava en especialitzar-lo cap al disseny arquitectònic i implementar la tecnologia BIM de Desktop en un entorn unificat, per tal d'aconseguir una aplicació BIM de disseny paramètric d'elements arquitectònics.

Precisament és aquesta capacitat per al disseny paramètric la que la diferencia de la resta d'aplicacions BIM. Mentre que els seus competidors intenten cobrir les necessitats dels usuaris a través de la proliferació d'opcions de personalització a partir d'objectes preestablerts, Revit també usa opcions i casos especials, però sempre té la filosofia d'intentar ser el màxim de flexible per tal que l'usuari pugui empescar-se la manera de generar allò que necessita a partir de zero o d'un altre element de característiques semblants. L'usuari pot crear qualsevol tipus d'element, modelant-lo a partir de sòlids i aplicant-li les condicions paramètriques que vulgui i sempre a partir de les mateixes eines, la qual cosa vol dir que el programa treballa amb una estructura interna molt homogènia (al contrari que Desktop, per exemple). Aquest enfocament totalment paramètric té l'avantatge de la flexibilitat, però també té l'inconvenient d'obligar a modelar qualsevol component que es desitgi. Per posar un exemple, al contrari que amb ArchiCAD, no hi ha la possibilitat de treure i posar el marc d'una finestra amb només un clic de ratolí; s'ha de crear un objecte amb marc i un altre sense. Per altra banda, les geometries que permet parametritzar són força simples, però el cert és que cobreixen la gran majoria de necessitats formals del disseny arquitectònic.

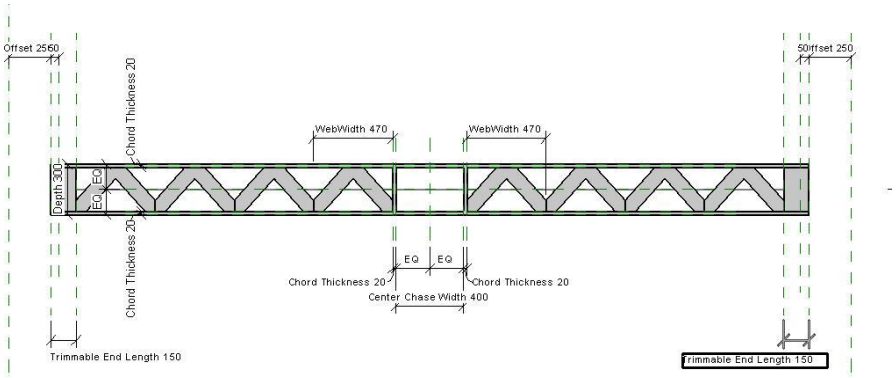


Fig. 4.1. Biga paramètrica modelada amb Revit.

L'aplicació s'estructura molt clarament en torn a la tecnologia d'objectes, tot mantenint unes eines d'edició molt similars per a tots ells. Aquest fet, facilita el seu ús i aprenentatge, però també facilita el tractament de la de informació de l'edifici d'una manera més homogènia. De

fet, cal recordar que tot el model és una base de dades i, per tant, és lògic que les eines per a editar-la siguin comuns per a tots els "registres".

Per altra banda, el sistema de visualització també esta basat en els propis objectes. Per al seu control, no empra capes, sinó categories d'objectes. Però el més important en aquest aspecte és que totes les vistes gràfiques que s'obtenen del model paramètric són dinàmiques i s'actualitzen en temps real. De fet, són vistes tridimensionals personalitzables, no representacions bidimensionals. Per això, la transmissió dels canvis realitzat en cadascuna de les vistes és immediat, ja que s'està manipulant directament el model. Per altra banda, no totes les vistes són gràfiques, sinó que també es poden emprar taules per a editar diversos paràmetres dels objectes.

En quant a la seva posició comercial respecte a Architectural Desktop, aplicació pseudo-BIM de la mateixa companyia, Revit hauria de tenir més futur a llarg termini que Desktop ja que es tracta d'una aplicació molt més coherent i potent, però, de moment, les dues aplicacions conviuen pacíficament al estar destinades a un públic diferent. Desktop permet una migració menys arriscada i mantindrà la seva cantera d'usuaris, mentre que Revit està destinat per a entrar de ple en la tecnologia BIM. Segons la mateixa Autodesk, Desktop és "l'AutoCAD per a arquitectes" i Revit "l'aplicació BIM per a arquitectura", expressions que deixen ben clares les filosofies de cada producte.

4.1.2 ENFOCAMENT DE L'ANÀLISI

L'objectiu d'aquesta anàlisi no és la de descriure exhaustivament el funcionament d'aquest software, ja que per això ja hi ha la documentació tècnica al respecte, sinó comentar amb esperit crític i en detall les seves característiques més representatives. A banda d'això, es farà especial incís en aquells aspectes que emfatitzin el seu caràcter d'aplicació BIM paramètrica, relacionant-lo sovint amb les característiques del software de CAD literal.

El comentari s'estructurarà en torn a quatre aspectes fonamentals que són comuns a totes les aplicacions BIM.

· Gestió del projecte

L'aplicació empra un fitxer únic que conté tota la informació de l'edifici, incloses les anotacions i les làmines de presentació. Revit gaudeix d'eines especifiques per a la gestió del projecte des del punt de vista estructural i des de d'altres, com ara el treball en grup o el manteniment de versions de disseny.

· Organització espacial

Com a qualsevol aplicació CAD, els objectes es situen a l'espai emprant plans de treball i sistemes de coordenades. Però l'espai de Revit també està organitzat segons nivells horitzontals, que juntament amb altres elements de referència, fan possible el modelat dels elements en sectors espacials controlats. La introducció de dades també s'assembla a la resta de programes, però tot es fa gràficament, sense emprar una barra de comandaments.

· Visualització

El model es manipula sobretot a través de vistes gràfiques estàtiques (plantes, seccions i alçats) i dinàmiques (axonometries i perspectives), cadascuna de les quals conserva unes característiques de visualització pròpies. També es poden crear vistes alfanumèriques en forma de taules que mantenen la seva mateixa connectivitat bidireccional amb el model que les vistes gràfiques. Això permet extreure informació de l'edifici però també modelar amb ella, que és el que precisament significa l'acrònim BIM. Però hi ha un tercer tipus de vista que uneix aquest dos tipus de representacions. Es tracta de les llegendes, les quals permeten unir informació gràfica amb alfanumèrica.

Per tal de poder imprimir les vistes existeixen els plànols, també objectes en sí mateixos, que serveixen per a cridar les vistes del model (gràfiques o no) i compondre-les en una làmina.

Aquesta manera d'organitzar el model permet la inexistència de capes de treball. Els objectes es reparteixen en nivells i la seva visualització depèn de cada vista, així que no necessitem vincular els elements a unes capes determinades. Aquest sistema és molt més còmode a l'hora de treballar amb tots els nivells d'un edifici alhora, ja que no cal anomenar de manera diferent elements d'igual mena que estan en plantes diferents. Per altra banda, també permet construir elements que sobrepassin varies plantes (com ara tancaments) sense que això suposi una excepció en l'organització del projecte.

· Modelat de la informació de l'edifici

La informació del model de Revit està organitzada en torn a objectes que la contenen, però cal entendre que només una part d'ells s'ocupen d descriure elements físics de l'edifici. La resta defineixen altres aspectes del projecte, com ara les anotacions, es sistemes de referència espacial o les vistes que permeten interactuar amb el model. Hi ha moltes maneres de classificar aquests objectes, però la més entenedora és, potser, la que ho fa tenint en compte de la funció que desenvolupen en el model; ja sigui des de la perspectiva de l'aplicació o des de la perspectiva de l'usuari (que no és ben bé el mateix).

Per altra banda, independentment de la funció que desenvolupin dins el model, tots els objectes paramètrics s'organitzen en una estructura en torn a la definició de ***Categories, Famílies, Tipus i Exemplars***. Pel que fa a les segones, n'hi ha que són ***de Sistema*** i n'hi ha que no. Les primeres estan preconfigurades paramètricament i tenen unes característiques i possibilitats preestablertes. Són famílies de sistema tots els objectes *Hostes* i alguns altres com les cotes i les vistes. Les famílies no de sistema, ***de Component*** o ***in-Situ***, són objectes que es creen de manera personalitzable amb una gran llibertat. Tots els objectes emmagatzemables en llibreries independents són famílies d'aquesta mena, però també algunes Anotacions, com ara les etiquetes o els símbols de les seccions.

· Punts clau de l'aplicació

Un cop analitzada l'aplicació, es resumiran els punts forts i dèbils de la mateixa, sota la perspectiva del que ofereix la competència i les eines tradicionals de CAD. Es finalitzarà parlant de les perspectives de futur de l'aplicació.

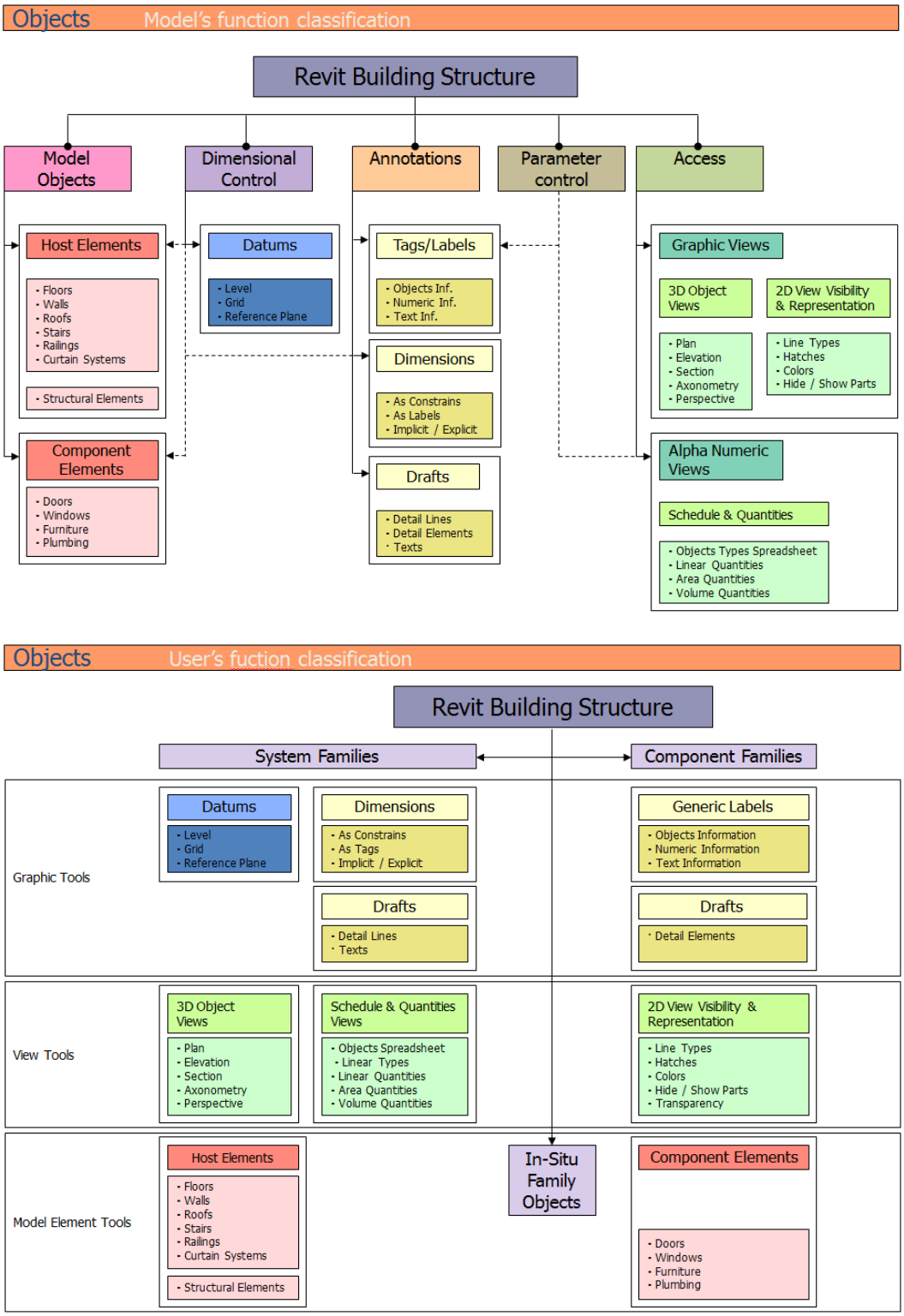


Fig. 4.2. Classificació dels objectes des de la perspectiva de l'aplicació i des de la de l'usuari. Esquema realitzat amb la col·laboració d'Andrés de Mesa.

4.2 GESTIÓ DEL PROJECTE

La manera amb que una aplicació BIM gestiona el projecte arquitectònic és un dels trets més característics a l'hora d'analitzar les seves prestacions des un punt de vista general. El model d'un edifici és un ens complex que cal administrar amb eines contemporànies que permetin gestionar-lo en la seva globalitat.

4.2.1 ARXIUS DE PROJECTES, DE PLANTILLES I DE FAMÍLIES

La base de dades d'un projecte d'edifici, incloent geometries i dades, es guarda, en principi, en un fitxer únic, anomenat fitxer de projecte. Aquest fitxer conté diversos elements paramètrics, la majoria dels quals es poden guardar com a fitxers externs per tal de poder-los compartir amb altres projectes tot creant biblioteques d'elements. Aquests elements paramètrics, anomenats famílies, es desen en fitxers individualitzats i amb una extensió diferent.

Per altra banda, també hi ha un format específic de fitxers de plantilla, un per a les plantilles de fitxers de projecte, i un altre per a les famílies de components. Aquestes plantilles disposen dels elements essencials per a que cada mena de família es comporti com cal dintre del context del projecte. Cada mena de família s'anomena "Categoria". Per exemple, els murs, els forjats i les portes són categories diferents de famílies (objectes paramètrics). La distinció entre categories diferents permet controlar de manera separada la visualització i altres aspectes del comportament en general dels objectes d'una mateixa categoria, a banda d'establir un sistema de classificació d'elements ordenat.

4.2.2 COMPATIBILITAT AMB FORMATS ANTERIORS

Revit no conserva compatibilitat amb els formats de les versions anteriors del programa. Segons Autodesk, això és degut al continu increment de prestacions del programa, que comporten la reestructuració de la base de dades del model d'informació. De fet, és cert que a cada nova versió s'inclouen noves prestacions o es milloren els comportament dels objectes que difícilment es podrien traduir a un programa que no les suporta.

4.2.3 NAVEGADOR DE PROJECTES

Com que un projecte de Revit es desa en un sol fitxer, la seva gestió s'ha de fer a través d'una eina anomenada Navegador de Projectes, la qual permet controlar tots i cadascun dels elements d'un projecte, incloent-hi els plànols per a la seva impressió.

El navegador de projectes és una finestra més en l'àrea de treball que permet visualitzar tots els elements del projecte. Tot i que la seva funció més immediata és la de permetre obrir i tancar les diferents vistes del projecte, també permet realitzar diverses operacions amb els objectes que componen l'edifici, com ara duplicar, crear i esborrar vistes, editar famílies, canviar noms de components, etc.

Aquesta eina té una estructura d'arbre agrupada en sis branques: Vistes, Llegendes, Taules de planificació, Plànols, Famílies i Grups. Gràcies a ella, es prescindeix d'una organització ordenada d'arxius d'un projecte elaborat amb un programa de CAD no BIM. Com és fàcil d'imaginar, aquest sistema és molt més pràctic que el tradicional a l'hora de controlar les diverses representacions d'un projecte, des de les que permeten treballar-hi (vistes) a les que permeten imprimir-lo (plànols).

És important remarcar que amb una aplicació BIM nativa com aquesta, el que es fa és manipular vistes i objectes de la base de dades total i no treballar amb dibuixos. Tal com veurem en l'apartat que parla la de la Visualització, Revit permet el treball amb dibuixos independents de la geometria de l'edifici, però, en general, el treball es realitza editant directament els objectes i no representant-los.

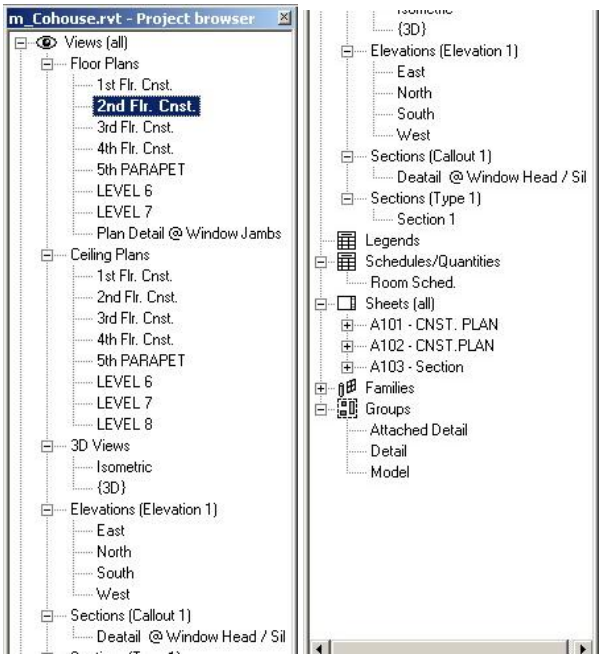


Fig. 4.3. Navegador de projectes (en dos fragments).

El Navegador s'empra sovint per a obrir o tancar vistes del model a través del qual editar-lo; aquestes vistes apareixen com a finestres que es van acumulant en l'espai de treball. El cert és que la gestió mateixa de les finestres obertes és força deficitària ja que Revit quasi no disposa d'eines específiques a banda de les clàssiques de Windows (organitzar per cascada, minimitzar, etc). A més a més, si es te més d'un projecte obert alhora, la cosa empitjora, ja que, tot i que el nom de cada vista queda precedit pel nom del projecte a la qual pertany i, per tant, s'ordenen de manera lògica en el llistat total, segueix essent força incòmode passar d'un a l'altre. No obstant, es poden tancar totes, excepte l'actualment activa, amb un sol comandament, cosa que permet la neteja de finestres per a tornar a començar de nou en la seva administració.

Per últim, el navegador és personalitzable, ja que en sí mateix també és un objecte paramètric, així que es poden desar diverses configuracions del mateix, en les quals es poden inclús establir condicionals per tal que, per exemple, mostri les vistes que no han etat incloses en plànols, o ordenar-les segons diversos criteris. De tota manera, es troba a faltar la possibilitat

d'organitzar-lo de la manera que es vulgui, responent a criteris més personals, sobretot quan d'altres sí que ho permeten.

4.2.4 TREBALL EN EQUIP

El fet d'emmagatzemar tot el projecte en un arxiu únic fa necessari un sistema de compartició de la informació de l'edifici entre múltiples usuaris simultanis. Aquests usuaris poden estar treballant en una mateixa disciplina o en altres, però necessiten estar actuant tots sobre el mateix model. Una forma possible d'aconseguir-ho seria que l'arxiu base permetés l'accés simultani de varis usuaris, però això crearia problemes tècnics, ja que s'estarien editant diversos objectes alhora i alguns segur que interactuarien entre ells. En comptes d'això, un cop acivada la compartició del projecte, se'n poden crear còpies que queden vinculades a un que fa de central. Cada usuari treballa així amb la seva copia particular i publica els canvis a l'arxiu central quan ho desitja. De la mateixa manera, també en poden llegir els realitzats per altres usuaris quan ho necessitin.

Per a que tot això sigui possible, cal un sistema que permeti establir quines parts pot modificar cada usuari i que les bloquegi quan aquestes s'estan editant per tal que no hi ha hagi més d'un usuari treballant en els mateixos elements. El sistema es força senzill, amb una eina anomenada "Subprojectes", la qual permet crear grups d'elements i després assignar-hi objectes. Cada usuari pot activar aquests subprojectes per a la seva edició, de tal manera que queden bloquejats per a la resta. Quan acaba el treball i tanca el fitxer, normalment allibera les porcions editades, de manera que puguin ser alterades per altres usuaris. No obstant, si hom necessita editar un element en concret que està en un subprojecte propietat d'un altre usuari, pot fer-ho, sempre que el seu propietari ho permeti. Per a fer-ho, ha de sol·licitar el permís per a editar aquell element emprant una eina que envia la demanda al propietari i li mostra de quin element s'està parlant. La idea és bona, però ja posats, la comunicació hauria de ser en temps real, via un chat privat. (actualment el missatge només arriba quan el propietari sincronitza amb l'arxiu central) i les sol·licituds s'han de revisar manualment, amb la qual cosa pot passar una eternitat abans que l'element s'alliberi.

Aquest sistema de treball té importants avantatges. Per una banda, permet subdividir el projecte en les parts que es desitgin en cada moment, sense haver d'alterar la seva estructura de fitxers (ja que només n'hi ha un), així que l'organització del projecte segons el personal que hi treballa és molt lliure. Per altra banda, permet que tots els usuaris treballin sobre informació absolutament coordinada. Un usuari pot treballar amb els alçats d'un edifici, mentre que l'altre, tot editant les distribucions, pot ser partícip dels canvis que el primer usuari efectuï en les obertures. De la mateix manera, el que treballa en les façanes, estarà al corrent de les necessitats espacials del segon usuari. Aquest exemple també és extrapolable per als usuaris de diferents disciplines, atès que que la plataforma Revit és multidisciplinar.

També resulta útil quan es treballa en arxius grans, ja que, quan s'obre un arxiu preparat per al treball en grup, es pot escollir no carregar subprojectes o no fer-los visibles. D'aquesta manera, s'aconsegueix millorar la gestió d'aquesta mena de projectes (tant a nivell d'usuari com de hardware).

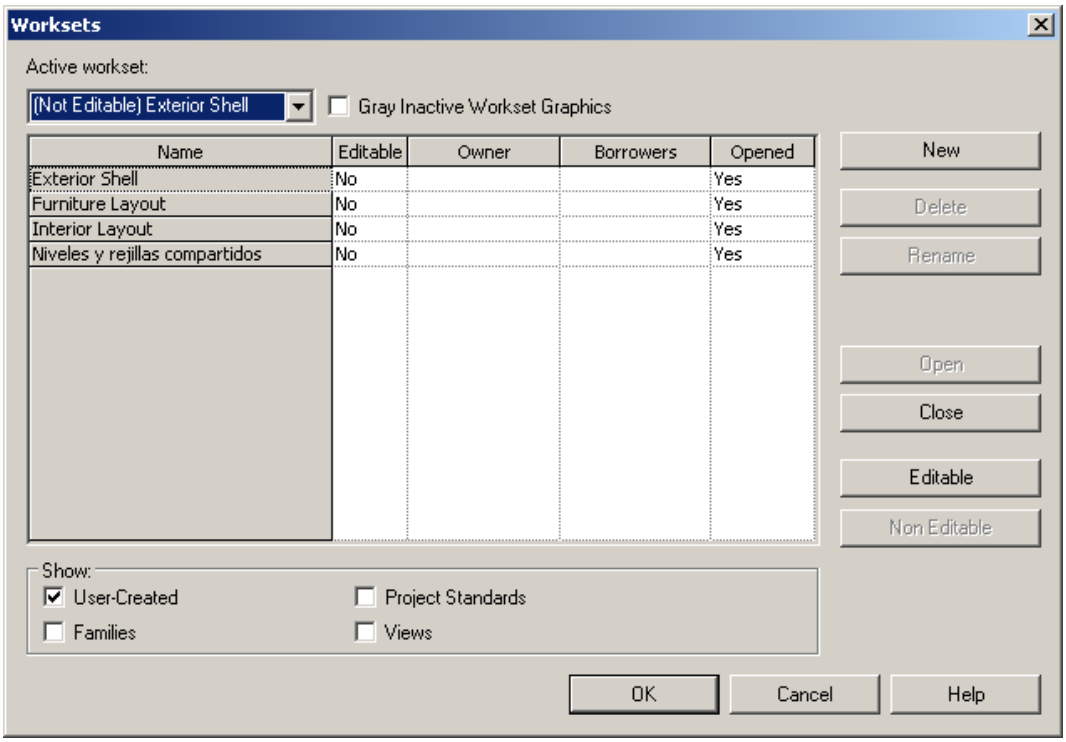


Fig. 4.4. Grups de treball configurats segons una determinada necessitats, En qualsevol moment es pot editar pels seus membres.

4.2.5 OPCIONS DE DISSENY

Una altra eina important és el control efectiu de diferents opcions de disseny. Quan s'estudien diferents opcions d'un projecte, hi ha una part d'ell que no varia i, que per tant, és comuna a totes les versions. Un bon software de disseny ha de permetre manipular diverses opcions de tot mantenint les parts comunes, per tal d'evitar repetir feina i poder comparar les diferents versions.

Revit compta amb una eina anomenada Opcions de Disseny que permet, tot aprofitant les parts comunes, agrupar elements de disseny en grups d'opcions, de tal manera que es puguin visualitzar alternativament o de manera simultània, diferents versions d'un mateix projecte. El sistema funciona correctament, doncs els elements situats en una opció de disseny interactuen amb els de la part comuna. Per exemple, es poden estudiar diverses composicions d'obertures en una façana mantenint intacte el tancament i modificant únicament les finestres.

4.2.6 GRUPS

En un edifici sovint es repeteixen conjunts d'elements, com les habitacions d'un hotel o tipologies d'habitatge en un bloc. Qualsevol aplicació BIM té algun sistema que permet gestionar-los. És el que en AutoCAD es coneix com a "Block". La diferència, a banda del contingut, és que els grups també poden interactuar amb l'entorn de manera individualitzada, tot i que amb algunes limitacions.

4.2.7 REFERÈNCIES EXTERNES

Com a qualsevol programa de CAD, es permet la inserció vinculada d'uns arxius dins d'altres. Aquest sistema s'empra molt en sistemes de CAD literal com a ajuda a una organització més eficient de la documentació del projecte, ja que permet l'aprofitament de dibuixos com a parts d'altres. Revit no necessita aquesta capacitat en aquest sentit, ja que integra totes les representacions d'un projecte, però sí que segueix essent útil quan un projecte té parts que és lògic separar. En un campus universitari, per exemple, cada edifici seria un projecte, l'entorn un altre i tots junts haurien de vincular-se per poder mostrar el conjunt.

Per tal de fer compatibles les coordenades locals dels projectes inserits amb les del projecte amfitrió, Revit disposa d'un sistema molt senzill que permet ajustar les unes amb les altres, de tal manera que resulta senzill acabar tenint un sistema de referència global per a tots ells

En realitat, Revit també és capaç de vincular arxius d'altres formats: Dwg, Dgn, Dxf, Sat I Skp, la qual cosa resulta molt útil quan s'està compartint informació amb altres professionals que no empren Revit. Per altra banda, les capes dels elements importats es poden gestionar a banda, cosa que simplifica molt la seva gestió.

4.2.8 FASES DE PROJECTE

Les fases representen períodes de temps diferents en la vida d'un projecte, el qual pot estar compost de diverses fases de construcció que incloguin dissenys diferents. Un cas típic és el del projecte de reforma, en la qual hi ha un estat actual, uns enderrocs i un estat final. En aquesta mena de projectes hi ha elements de l'estat original que s'enderroquen i altres que es conserven. Revit permet treballar el mateix projecte en diferents moments, de tal manera que els elements comuns en el temps només es modelin una sola vegada. Es tracta d'aplicar el paràmetre temps al disseny. En una aplicació de disseny que no contempli aquesta possibilitat, el concepte de fase s'ha de treballar a través del dibuix i no a través de l'evolució del model.

El funcionament és similar al del sistema d'opcions de disseny: s'estableixen unes fases i s'indica en quina fase s'està actuant. Després, es pot escollir la fase que es vol visualitzar tant en les vistes gràfiques com en les alfanumèriques (taules).

4.2.9 BIM MULTIDISCIPLINAR

Autodesk Revit és una plataforma multidisciplinar que pretén que el model d'informació de l'Edifici pugui ser compartit per diverses disciplines relacionades amb el disseny arquitectònic. De fet, del mateix Revit n'existeixen tres versions, El *Architecture* (abans *Building*), especialitzat en objectes arquitectònics, el *MEP* (abans *Systems)*, per a instal·lacions, i el *Structure*, per a estructures. D'aquesta manera, els enginyers disposen de dues eines per al disseny d'instal·lacions i d'estructures a base d'elements paramètrics compatibles. Però també es pretén obtenir una base per al software de càlcul d'aquestes disciplines, ja que, a la llarga, hauria de ser possible la connexió entre aquest i el model generat per les especialitzacions d'enginyeria.

Per exemple, actualment Revit Structure es pot connectar amb el programa de càlcul estructural Robot aprofitant les dades dels objectes estructurals del model arquitectònic, però també de tots aquells que en siguin decisius per al càlcul, com ara les parets de façana. D'aquesta manera, el calculista no necessita introduir les dades relatives al disseny de l'estructura ni tampoc les càrregues puntuals i lineals donat que el model importat ja les té. Un altre exemple és el del programa de renderitzat 3DStudioMax, el qual carrega l'assignació de materials directament del model de Revit.

Per altra banda, disposa d'una API de programació pròpia que permet implementar aplicacions i scrips basats en C# o Visual Basic. Això és molt important, ja que permet als usuaris desenvolupar eines especifiques i personalitzacions, i també a les empreses desenvolupar software que pugui funcionar amb el model BIM de Revit.

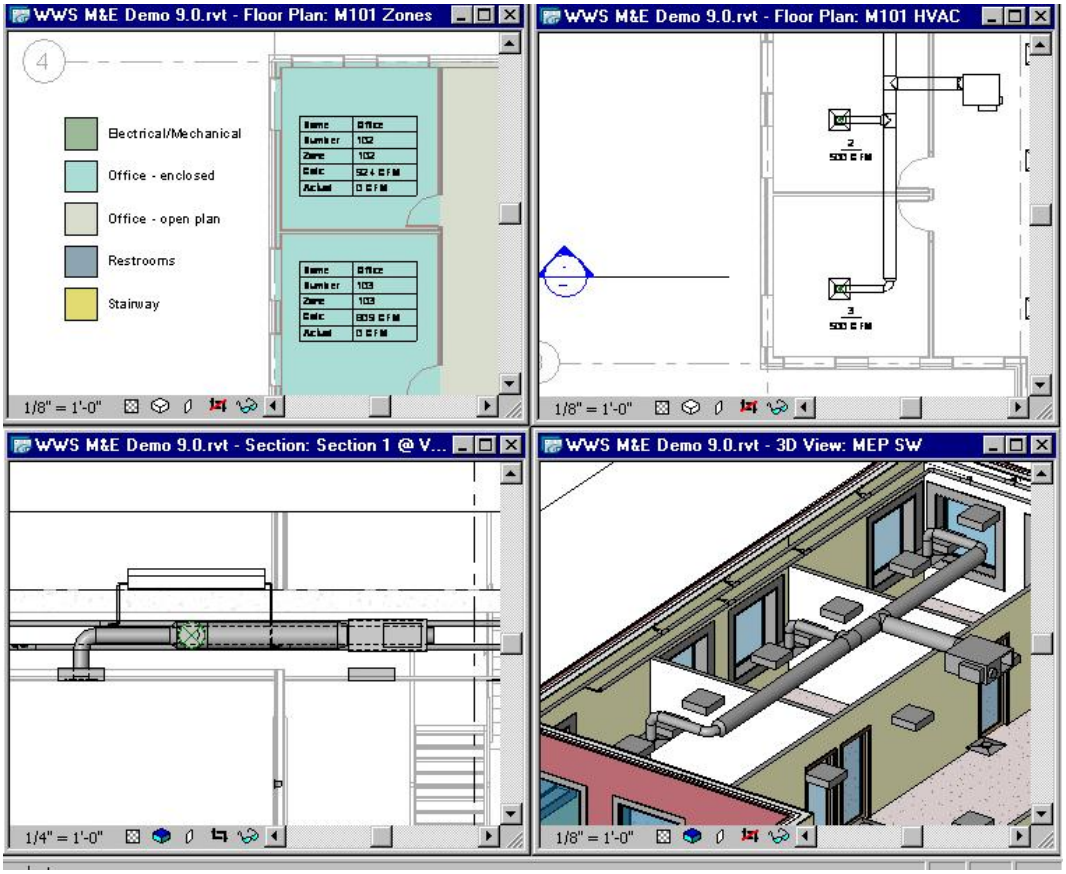


Fig. 4.5. Revit MEP mostrant elements arquitectònics i d'instal·lacions de climatització i il·luminació en un mateix model BIM.

4.2.10 CONCLUSIONS

En comparació a una aplicació de CAD literal, l'organització de projecte de Revit és infinitament millor. No només es simplifica enormement la organització interna, eliminant l'ús de capes i gestionant correctament l'espai físic del projecte sinó que l'organització externa dels fitxers resulta igualment beneficiada. Quants despatxos dibuixen totes les plantes en el mateix espai, un al costat de l'altre, per tal d'estalviar-se una gestió d'arxius o capes complexa?. Si ens

oblidem de les comparacions, podríem trobar que el navegador es força còmode i clar a l'hora de complir la seva missió.

El mateix podríem dir del sistema de treball en grup; les opcions de disseny i els grups, suposen una gran millora respecte als tradicionals, però encara es poden perfeccionar alguns aspectes. Les referències externes, en canvi, no semblen aportar grans millores en aquest sentit. Al contrari, el fet d'haver de tancar la sessió per a editar-les és francament emprenyador.

4.3 ORGANITZACIÓ ESPACIAL

Una aplicació BIM és, per definició, un modelador tridimensional, però al ésser paramètric i al ocupar-se de tot un edifici, precisa d'estratègies per a facilitar la correcta col·locació dels elements i per a mantenir la coherència del model. En aquest capítol es parla d'aquests temes.

4.3.1 PLANS DE TREBALL

Revit, com qualsevol programa de CAD, referencia els objectes que genera a plans de treball. No obstant, les possibilitats de modificació del pla de treball actual no són gaire àgils, ja que estan restringides a eines molt concretes. Bàsicament el pla de treball es pot assignar a nivells, a eixos o línies de referència i a cares d'objectes ja creats. Un cop situat, se'l pot rotar tot seleccionant-lo. Efectivament, el pla de treball és un objecte més amb una extensió determinada per un rectangle i amb una reixa de referència interior personalitzable. La gràcia d'això és que la direcció de la quadrícula marca la direcció dels eixos de coordenades només en l'abast del rectangle del pla de treball. Fora d'ell, es manté el pla de treball, però les coordenades recuperen la seva alineació amb el sistema de coordenades del nivell. Una altra característica és que Revit no permet introduir dades des de vistes en que el pla de treball actual estigui de cantell.

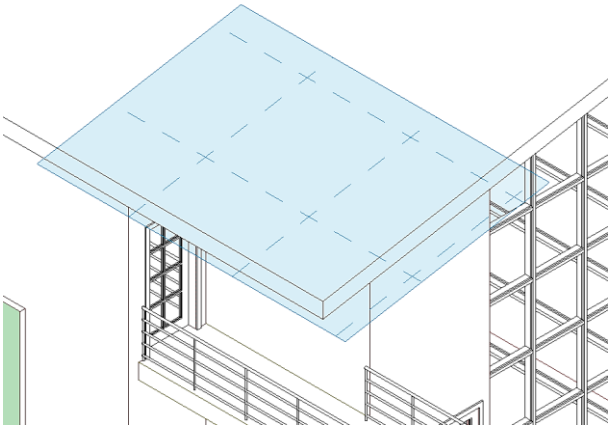


Fig. 4.6. Pla de treball situat sobre una teulada. Al contrari que la majoria de programes de CAD, els plans de treball tenen una extensió limitada.

Si es pensa en l'usuari mig de les aplicacions CAD, entendrem el perquè d'aquestes limitacions, ja que aquesta mena d'usuaris no solen tenir coneixements de modelat tridimensional i segurament el fet de provar de simplificar al màxim el maneig dels sistemes de coordenades hagi estat una bona idea. No obstant, els usuaris amb experiència en programes de modelat trobaran a faltar eines tan bàsiques com la definició per tres punts del pla de treball, la seva alineació a una recta, etc. No obstant, donat que els objectes sovint estan uns sobre uns altres, el cert és que l'eina d'alineació a cares funciona molt bé, ja que és molt fàcil d'emprar i efectiva.

Per altra banda, hi ha components que, segons com es creïn, estaran lligats a un pla de treball en comptes de estar-ho a uns hostes en concret. Llavors, cada objecte té un pla de treball local que es pot canviar en qualsevol moment per a situar l'objecte en una altra posició.

4.3.2 UNITATS

El model arquitectònic es pot construir en les unitats que hom desitgi, podent canviant-les en qualsevol moment. Val a dir que aquestes unitats són per a tot el model i que, donat que els detalls constructius solen dissenyar-me en unitats petites (cm o mm), resulta recomanable adoptar l'hàbit anglosaxó de dissenyar sempre en mil·límetres (o potser en centímetres n'hi hauria prou) per no haver de canviar d'unitats quan canviem la mida relativa del model que ens ocupi. De tota manera, les dades es poden introduir en qualsevol unitat tot escrivint l'abreviació corresponent.

No obstant, degut a que la configuració de les unitats afecta la manera amb que es representen les cotes, fóra millor que la configuració d'unitats fos pròpia de cada vista, ja que en aquest país (i segur que en altres) hi ha el costum d'expressar en metres les mesures dels espais i en centímetres les dels detalls constructius.

4.3.3 INTRODUCCIÓ DE DADES

La posició dels elements i les seves longituds no es situa a través de coordenades tal i com és habitual en els programes de CAD, sinó a través de cotes dinàmiques que apareixen mentre es dibuixa l'objecte, de manera anàloga a com les mostra Desktop 2007 (aquí s'observen les sinèrgies entre les dues aplicacions). Aquestes cotes poden partir del no res, però el software sempre prova de trobar relacions amb altres objectes, de tal manera que resulta força fàcil dibuixar elements a distàncies concretes d'altres.

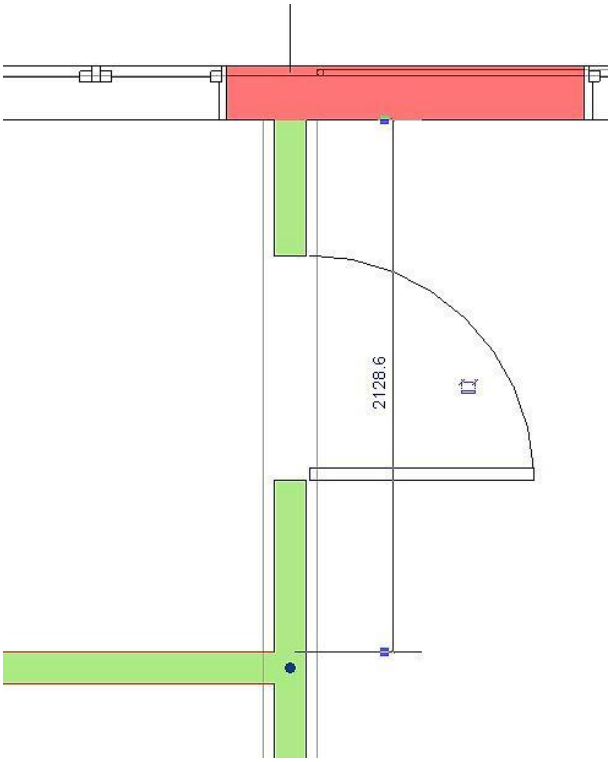


Fig. 4.7. Cota dinàmica ancorada a les cares de dos tancaments

Aquest sistema funciona força bé i és molt còmode a l'hora de treballar ja que la majoria dels casos els elements arquitectònics es situen en relació a altres. A més, sempre tendeix a buscar alineacions amb objectes del mateix tipus, de tal manera que es fàcil dibuixar cotes alineades o murs enrassats. La veritat és que resulta admirable la capacitat que té de preveure quina serà la referència que ens convindrà, fins i tot en vistes dinàmiques

4.3.4 REFERÈNCIA A OBJECTES

Com qualsevol programa de CAD, Revit és capaç de capturar diferents referències a objectes a l'hora d'introduir punts en la generació d'objectes. En aquest aspecte no hi ha gaire a comentar, excepte que, intel·ligentment, els modes "Perpendicular" i "Tangent" serveixen tant per a capturar punts de destí com d'origen, commutant automàticament entre l'un i l'altre i emprant les projeccions dels elements lineals.

Una altra manera de referenciar-se a altres objectes que Revit utilitza molt és la d'emprar el contorn d'altres objectes per a dibuixar a sobre els nous elements lineals (com ara murs i línies d'esbós). Realment és una opció molt potent per a calcar elements sobre uns altres, ja que permet, a més, establir una restricció d'alineació de manera automàtica. En la creació d'esbossos (veure més endavant), a banda de calcar, també es pot seleccionar directament la referència per a que hi dibuixi una línia a sobre.

4.3.5 CONTROL POSICIONAL I DIMENSIONAL

Per a modificar dimensionalment o posicionalment un element, podem seleccionar un objecte i emprar les cotes temporals que apareixen referint-se a elements propers. Clicant en el seu valor, podem modificar la ubicació de l'element vers aquestes referències. Si les cotes temporals no aporten les referències que necessitem, podem editar-les dintre d'uns límits i, si no, crear-ne de noves, les quals sempre estan referides a cares, punts o eixos d'elements existents. Si en modifiquem el valor, en modificarem la geometria o posició de l'element seleccionat. Tal com es veurà més endavant, els objectes de cotes són elements fonamentals per establir restriccions i controlar dimensionalment el projecte de tal manera que es comporti de la manera adequada davant les modificacions.

També disposem de pinçaments, la situació dels quals depèn de les característiques de l'element seleccionat i de la vista des de la que s'edita. Per exemple, per als objectes de mur disposarem dels punt inicial i final de cada tram i dels límits superiors i inferiors en les vistes no verticals. Tanmateix, també podem desplaçar-lo arrossegant-lo amb el ratolí o amb l'ajuda dels cursors.

Per tal de modificar posicionalment els elements, disposem de les clàssiques eines de translació, copiar i rotació, que es manipulen de manera gràfica a través de cotes i referències temporals.

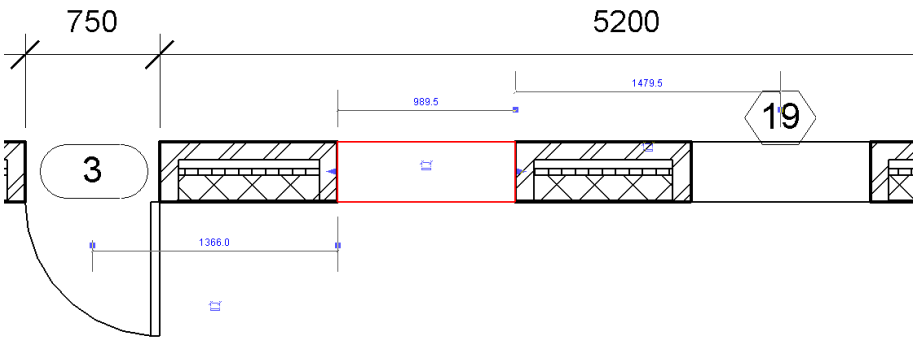


Fig. 4.8. Introducció de dades mitjançant pinçaments, cotes dinàmiques o estàtiques.

La resta d'eines d'edició dimensional o posicional són les d'alineació, divisió, retall, extensió i equidistància. de les quals és especialment interessant la primera, ja que permet establir relacions d'alineació amb una eina especifica que permet estendre cares d'objectes o extrems de línies a referències definides per altres cares o línies. Aquesta eina es molt útil per establir relacions entre elements ja que fàcilment es poden transformar en restriccions.

El plantejament general de totes aquestes eines és que serveixin per a editar tots els elements del model. És possible que un objecte no es pugui, per exemple, dividir, però si es pot fet, es farà amb la mateixa eina que s'empra per a tots els elements..

Finalment, com es veurà més endavant, hi altra mena d'eines d'edició específiques per a determinades famílies hostes, ja que, per a la resta de famílies, els processos són exactament els mateixos i estan basats en la tecnologia d'edició de sòlids.

4.3.6 NIVELLS DE REFERÈNCIA

El model de l'edifici s'estructura verticalment en base a nivells. Els nivells són plans horitzontals que seccionen el model i que serveixen com a plans de referència dels elements arquitectònics i de les vistes en planta. Per exemple, normalment serveixen per a vincular-hi les cares superiors dels forjats que separen cadascuna de les plantes de l'edifici, o la base dels tancament interiors. Però els nivells no divideixen físicament l'edifici en plantes ja que es poden generar tancaments que tinguin la base en un nivell i el coronament tres nivells més amunt. Aquest sistema és d'una gran flexibilitat ja que té els avantatges d'una divisió física (ja que podem, per exemple, visualitzar només els elements d'una planta), però ens permet treballar amb objectes que traspassin més d'una planta, com ara les façanes o nuclis d'escala.

Aquesta manera d'organitzar el model possibilita la inexistència de capes de treball. Com que disposem de nivells i d'altres ajudes que ens permeten controlar la visualització dels elements, no necessitem vincular els elements a unes capes determinades. Aquest sistema és molt més còmode a l'hora de treballar amb tots els nivells d'un edifici alhora, ja que no cal anomenar de manera diferent elements d'igual mena que estan en plantes diferents.

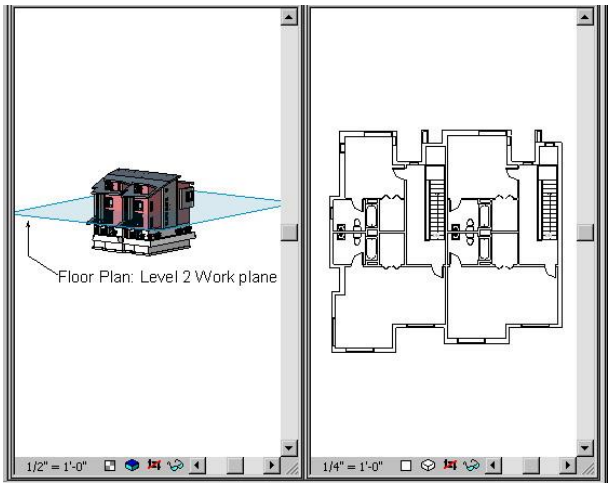


Fig. 4.9. Nivell de referència.

Per altra banda, els nivells esdevenen els plans de treball més immediats, ja que en les vistes de planta, el pla de treball es situa per defecte en ells. A més, la majoria dels elements de model (hostes, o components) queden vinculats automàticament a aquests nivells, de tal manera que si es modifiquen les seves cotes d'alçària, tots els objectes es desplaçaran o s'estiraran per adaptar-se al canvis.

De fet, tots els elements de referència es podem modificar directament com a objectes que són, i els nivell no en són una excepció. Es poden desplaçar, copiar i girar des de qualsevol vista estàtica, no des d'una dinàmica.

4.3.7 PLANS DE REFERÈNCIA

Els plans de treball són plans als quals es pot vincular qualsevol element independentment del nivell en que es trobi. Són equivalents a les línies auxiliars que hom dibuixa en un programa de CAD convencional, però són tridimensionals, tot i que el seu abast depèn de l'extensió de la traça que el defineix. Són indispensables per a establir contextos d'alineació dels elements arquitectònics però, sobretot, per a crear l'esquelet de construcció dels components paramètrics més complexos, com ara finestres, mobles, etc.

Es col·loquen tot dibuixant la seva traça des de qualsevol vista estàtica, de tal manera que s'obté un pla perpendicular a la vista actual, la visualització del qual només es possible a través de vistes que el seccionen perpendicularment. En les vistes tridimensionals els plans de referència no es poden veure a no ser que s'activi la visualització del pla de treball i aquest s'assigni a un pla de referència. Això es, al meu parer, un inconvenient, ja que ajudaria a la comprensió de la posició dels plans en l'espai durant el disseny d'objectes paramètrics. Afortunadament, el nou entorn de modelat de masses conceptual si que disposa d'aquesta funcionalitat, així que és probable que s'estengui a la resta d'espais de treball en futures versions.

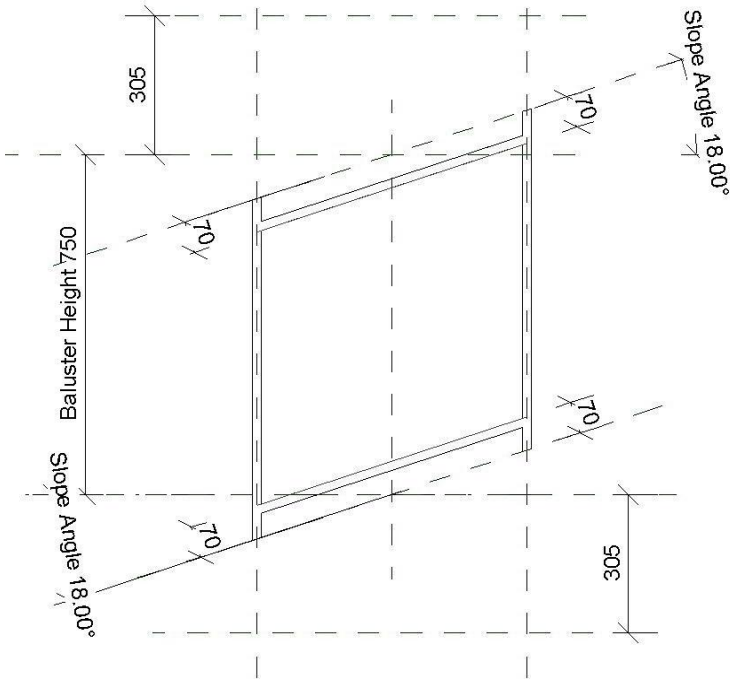


Fig. 4.10. Plans de referència en una família de balustres. Les cotes paramètriques s'hi ancoren.

4.3.8 EIXOS DE REFERÈNCIA

Els eixos de referència són plans de referència numerats. Són el que també es coneix en el món de l'arquitectura com a eixos de replanteig o d'estructura. El seu ús està destinat sobretot a establir eixos per a l'ancoratge d'elements estructurals, bàsicament pilars i jàsseres. Però també es poden emprar per a ancorar-hi la resta l'objectes. Tal com passa amb els plans de referència, els eixos apareixen en totes les vistes a les que arriben, de tal manera que es pot aconseguir que alguns eixos no apareguin en determinades plantes, cosa que es realment útil per a l'ús al que estan destinats.

Amb aquests objectes també es posa en evidència la potència d'un sistema que treballi amb un model únic del qual s'extreuen les vistes, ja que disposar d'una reixa de referència visible a tots els nivells assegura la coordinació dimensional de totes les plantes. Doncs movent un eix, es mouran tots els elements que hi estiguin vinculats, independentment del nivell on es trobin.

4.3.9 LÍNIES DE REFERÈNCIA

Són línies especials que contenen dos plans de referència perpendiculars entre sí. Només es poden emprar en la creació d'objectes paramètrics i tenen dues funcions:

- Establir contextos d'alineació angular en la creació de parts d'un objecte paramètric. A tal efecte, es podrien fer servir plans de referència, però aquests no tenen un inici i un final que es puguin ancorar a un punt, i per tant, permeten controlar molt millor les restriccions angulars dintre de components com una biga reticulada o una porta amb una fulla batent.

· Crear objectes basats en línia. Es tracta de realitzar elements lineals que es puguin dibuixar o associar a línies tot adaptant la seva geometria a la de les línees en que s'insereix. S'empren molt en elements per a detalls constructius com ara seccions de taulells, o altres elements que sigui convenient assimilar-los a rectes

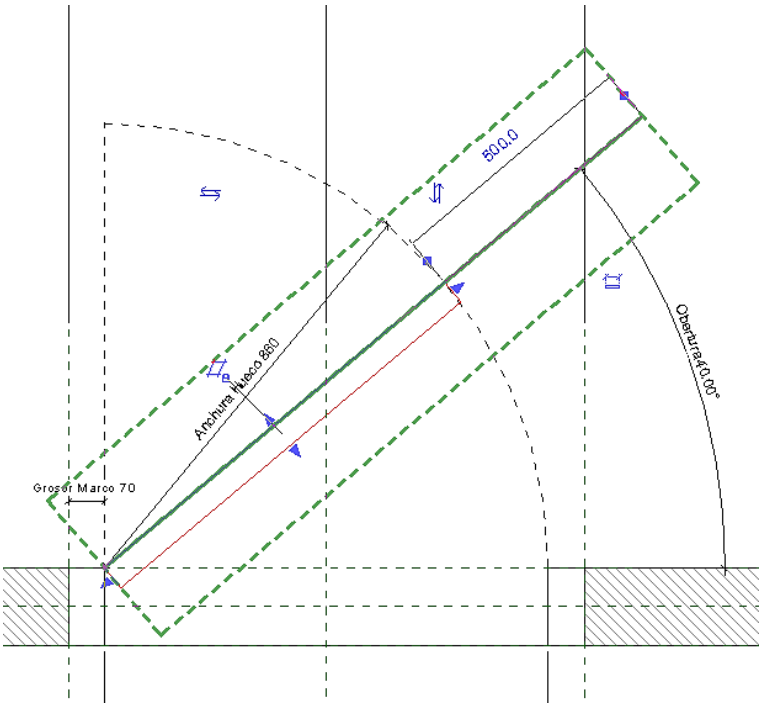


Fig. 4.11. Línia de referència que serveix de suport al full batent d'una porta. La cota angular estableix el paràmetre corresponent a l'obertura.

4.3.10 RESTRICCIONS

Una restricció és un objecte que estableix la posició d'un element vers un altre. Segons el context on es creï, la restricció afecta a la posició d'un o més objectes o a les dimensions d'una part d'ell.

Hi ha diverses maneres d'establir restriccions:

· **Bloqueig de cotes**

Es tracta d'una de les maneres més evidents de formar restriccions. Les cotes són elements d'anotació que, inevitablement, tenen els seus extrems vinculats a punts, cares o rectes d'elements del model. En un principi, serveixen per a visualitzar o editar aquesta distància però també podem bloquejar-la, de tal manera que establirem la restricció de que estiguin separats en aquella mesura. Per exemple, si en una distribució desitgem que l'amplada d'un cambra es mantingui sempre en 2,20m només hem de crear la cota i bloquejar-la, les modificacions que fem a tancaments contigus no podran canviar les dimensions de la cambra.

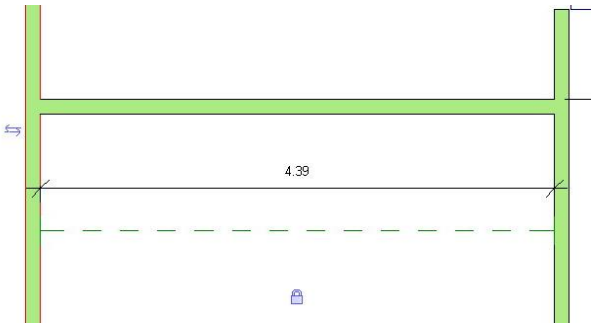


Fig. 4.12. Bloqueig d'una cota, la distància entre els dos paraments es mantindrà fixa tot desplaçant-se conjuntament.

Per altra banda, tal com es veurà quan es parli de la creació d'objectes paramètrics, una cota pot esdevenir fàcilment un paràmetre simplement assignant-li un nom. A partir de llavors, el seu valor es podrà fixar directament o en relació a d'altres paràmetres.

· Restricció d'igualtat

Quan es genera un grup de cotes en una mateixa tongada és possible establir una restricció que obligui a que la seva dimensió sigui idèntica entre elles. D'aquesta manera. Si es canvia una, el canvi es transmetrà a la resta. És una molt bona opció per a centrar elements o garantir la igualtat de múltiples espais.

· Bloqueig d'elements

Per simplement evitar que un element es pugui moure sota cap concepte, es pot bloquejar la seva posició amb una eina específica. D'aquesta manera s'aconsegueix que la modificació de cotes d'elements adjacents o altres operacions no afecti als objectes bloquejats.

· Alineacions

Un altre sistema important d'establir restriccions entre elements és alinear-los entre ells. D'aquesta manera s'estableix una relació entre dos o més elements de tal manera que quan es mogui un, n'arrosseguin la resta. Els usos d'aquesta funció són il·limitats, des d'alinear cares de murs, fins a vincular la geometria d'un element a plans de referència. El bo d'aquesta eina és que es capaç d'alinear objectes fent servir qualsevol element lineal, per exemple, es pot alinear el contorn d'un dels perfils d'una finestra amb la part superior d'una lluminària. L'eina d'alineació en sí mateixa no estableix la restricció corresponent, però l'opció de fer-ho apareix immediatament després de realitzar l'operació.

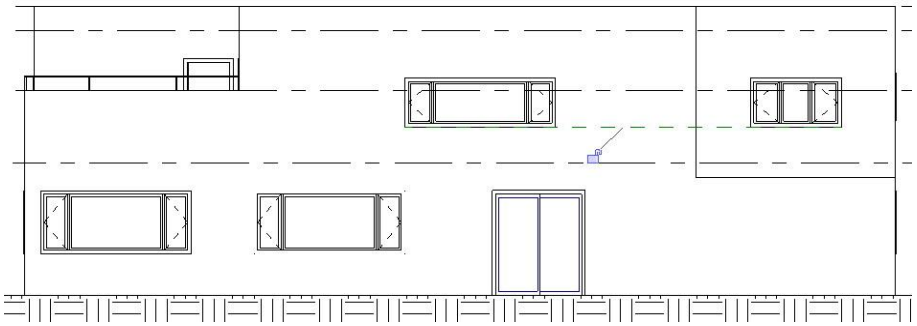


Fig. 4.13. Dues finestres alineades horitzontalment. La restricció es crea en la projecció del pla de visualització i, per tant, funciona amb elements situats en plans diferents.

· Vinculació a contorns

Quan es creen objecte tot aprofitant els contorns d'altres elements, fet que és molt habitual, queden vinculats a ells, si així es vol. És una opció molt raonable, ja que si es genera un element tot calcant un altre, el més probable és que el que es vulgui es que, si canvia el primer, canviï el segon.

4.3.11 CONCLUSIONS

El control de l'espai està força aconseguit si es mira des del punt de vista de l'usuari no avesat a modelar tridimensionalment. Però, pel contrari, es troba a faltar un major control posicional dels objectes, ja que aparentment estan massa restringits. En part això és cert, però en part no del tot. El que realment passa és que cada objecte té definit, d'una manera o altra, el seu sistema de posicionament a l'espai. Per exemple, si una finestra està creada de tal manera que es referencia a una paret modèlica, sempre serà vertical, doncs el model de referència així ho és. En canvi, si es genera el mateix objecte, però en relació a una cara d'un sòlid genèric, el producte resultant podrà adaptar-se a qualsevol orientació. S'hauria de veure, si, a la pràctica, aquest sistema es prou bo per a resoldre la majoria dels casos. En la meva opinió sí. En la majoria dels casos aquestes limitacions seran de gran ajuda a l'hora de col·locar elements en el model sense gaire preocupacions.

Per altra banda, tot el sistema de restriccions és força brillant, amb unes poques eines es poden fer meravelles. Una de les poques pegues que té és la dificultat d'esbrinar quines parts participen d'una restricció una vegada creada per una tercera persona. Això sí, cal tenir en compte que cada restricció és un paràmetre en sí mateix que pot arrossegar molts objectes, així que és millor no abusar-ne.

4.4 VISUALITZACIÓ

Revit va revolucionar el món del BIM per diverses raons, però potser la més popular fou el seu sistema de vistes dinàmiques extretes directament del model. Aquesta estratègia implica que el sistema de visualització tingui un gran pes en aquesta aplicació.

4.4.1 VISTES GRÀFIQUES

Revit té la particularitat de que totes les vistes gràfiques són vistes reals del model. Per això, qualsevol canvi que es fa en el model es transmet instantàniament a totes les vistes, ja que, en realitat, mostren el model mateix. Això és un gran avantatge, ja que a diferència d'altres, la transmissió dels canvis realitzats en una vista es fa a la resta de manera automàtica i instantània. Bé, en realitat no hi ha una transmissió de canvis pròpiament dita, ja que tot es fa des del mateix entorn gràfic.

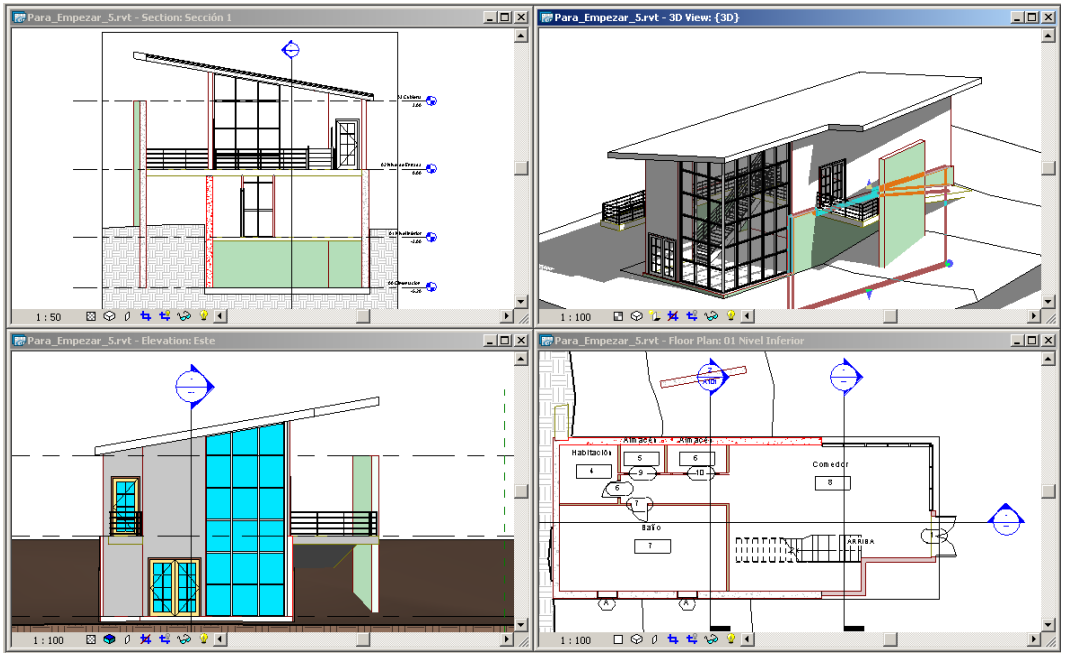


Fig. 4.14. Diverses vistes d'un mateix edifici. L'element seleccionat (un mur) apareix a totes simultàniament, doncs es tracta de vistes del model i no dibuixos bidimensionals autogenerats.

No obstant, aquest sistema té l'inconvenient d'estar limitat pel rendiment gràfic del programa. Efectivament, Revit modela tridimensionalment tots els elements de la seva base de dades amb tecnologia de sòlids. Aquesta tecnologia és molt eficaç a l'hora de ser visualitzada (ja que, per exemple, conté informació sobre cares vistes i ocultes), sobretot quan es vol seccionar el model en temps real, cosa que Revit fa molt bé. No obstant, de seguida la complexitat del model arquitectònic fa que els recursos de hardware s'esgotin. Això obliga a tenir mesura quan es generen els elements arquitectònics per a no sobrecarregar-los de detall. Millor dit, caldria enfocar-los des d'un punt de vista minimalista. Paradoxalment, la biblioteca d'elements de Revit, força minsa, no és un prodigui de síntesi, sinó que prova de mostrar les capacitats paramètriques de l'aplicació, fet que no resulta gaire didàctic.

Per altra banda, el model es manipula sobretot a través de vistes gràfiques corresponents a seccions estàtiques del model (plantes, seccions i alçats) i vistes dinàmiques (axonometries i perspectives), cadascuna de les quals conserva unes característiques de visualització pròpies. També es poden crear vistes alfanumèriques en forma de taules que mantenen la seva mateixa connectivitat bidireccional amb el model que les gràfiques. Això permet extreure informació de l'edifici però també modelar amb elles, que és el que precisament significa l'acrònim BIM. Però hi ha un tercer tipus de vista que uneix aquestes dues classes de representacions. Es tracta de les llegendes, les quals permeten unir informació gràfica amb alfanumèrica.

Per tal de poder imprimir les vistes, gràfiques i alfanumèriques, existeixen els plànols, que també són objectes en sí mateixos, que serveixen per a cridar les vistes del model (gràfiques o no) i compondre-les en una làmina.

4.4.2 CONTROL DE LA VISUALITZACIÓ DE LES VISTES GRÀFIQUES

Revit no empra capes i per això disposa d'altres eines per al control de les característiques gràfiques dels elements que apareixen en cada vista. Cada vista té la seva configuració independent, que permet el control exhaustiu de la visualització dels elements del model. Des d'un sol quadre de diàleg es poden controlar diversos aspectes, dels quals els més significatius són els següents:

· Escala de representació

Òbviament el model es construeix a escala natural però cal especificar una escala a la vista per tal que el programa dimensioni adequadament les trames, patrons de línia, textos, cotes, símbols i tots aquells elements que hagin de mantenir una dimensió fixa un cop impresos. Això implica que, en Revit, hi ha una clara distinció entre els elements escalables i els que no ho són.

Gràcies a aquest sistema es desvincula definitivament el món del model del de la representació. L'escala és un atribut més de la representació i, per tant, afecta a la representació dels elements que en depenen però no a les seves característiques. Per això, cada objecte es dissenya segons les seves unitats naturals. Els elements arquitectònics ho faran en metres d'espai, mentre que els textos ho faran en mil·límetres de paper. Això evita, a la fi, dibuixar pensant en l'escala d'impressió.

En conseqüència, els gruixos de línia s'estableixen segons una escala relativa que va de l'1 al 16, depenent de l'escala de visualització el seu espessor final. Per exemple, una línia amb gruix 2, esdevindrà de 0,25mm a escala 1:50 i de 0,1mm a escala 1/500. Es una manera molt eficient de definir el gruix de les línies, ja que si aspirem a que un mateix objecte pugui servir per a escales diferents, es bo que el valor de línia dels seus grafisme s'adapti a la mida de la seva representació.

Un cert tipus de trames, les de model, no es veuen afectades per l'escala, ja que serveixen per a representar patrons com aparells de maçoneria o paviments. Com que escales massa llunyanes es veurien massa denses quan són petites i semblarien negres (a pesar de l'escalat

del valor de línia), Revit sempre procura mantenir una bona visualització del model, desactivant la visualització de les trames i substituint-les per tramats sòlids del mateix color però aclarits.

· Nivell de detall

Cada vista gràfica pot tenir tres nivells de detall: baix, mitjà i alt. Aquest paràmetre defineix el nivell de detall de les vistes. En les famílies de sistema (veure la introducció), com els murs i els forjats, aquest paràmetre indica si es mostren o no totes les capes de les que disposa l'element quan és seccionat. En el nivell baix, únicament es mostra el contorn de l'envolupant i en els altres dos, les capes en la seva totalitat. En canvi, quan es tracta de la resta de categories d'objectes paramètrics, podem escollir quins elements seran visibles a cada nivell de detall. Això permet disposar de diferents versions d'un mateix elements segons el nivell de detall desitjat o de restringir la visualització d'alguns components als nivells més alts, on podran ser observats amb l'ajuda d'escales properes.

No obstant, es troba a faltar un sistema que vinculi automàticament (si així es desitja) el nivell de detall dels objectes amb determinats rangs d'escales. Aquest sistema existeix, però només actua en el moment de la creació de noves vistes. No és un tema molt crític, però seria una ajuda a l'hora de preparar les vistes per ser impreses. Hi ha altres aplicacions que sempre defineixen el nivell de detall segons l'escala i que, per altra banda, no tenen només tres nivells sinó que en tenen els que es vulgui. El cert és que s'agraeix l'opció simplista de Revit, ja que en la majoria dels casos, tres nivells de detall són més que suficients i sempre hi ha solucions alternatives. A més, el nivell de detall no té perquè estar lligat a una escala determinada; sempre hauria de ser una opció.

· Visibilitat

És la principal eina de control de la visualització dels objectes en les vistes gràfiques. El panell està organitzat seguint la mateixa estructura de la base de dades de Revit. Els objectes s'agrupen en Categories (murs, sostres, finestres, cotes, etc). Cada categoria està composta per subcategories, que corresponen a parts dels objectes. Algunes d'aquestes subcategories són de sistema, és a dir, no es poden canviar i es tradueixen segons d'idioma de la localització que les llegeix. Altres subcategories es poden crear per tal de poder configurar de manera independent la visualització de parts dels objectes. Per exemple, la categoria de Finestres, està composta per subcategories de sistema com ara el Vidre, Muntant i Obertura, però també pot contenir altres subcategories que els dissenyadors dels objectes considerin oportunes.

Aquest sistema permet que dissenyadors que no es coneixen puguin compartir sense dificultats elements dissenyats per terceres persones. Cada Objecte es controla mitjançant paraules que en la majoria dels casos seran comunes per a tots els objectes de la mateixa categoria. En alguns casos, apareixeran subcategories personalitzades, però seran fàcilment identificables per al seu nom. Veiem així com desapareix la necessitat dels complicats i, sovint poc efectius, sistemes d'estandardització de capes, ja que tot el que ha de descriure el nom d'una capa queda millor reflectit en un arbre d'objectes.

Cada categoria o subcategoria pot personalitzar-se quan a la seva visibilitat, al seu valor de línia en alçat o en secció, a la intensitat del dibuix (halftoning) i en el nivell de detall. Aquests

valors, si es personalitzen, es superposaran als que marquin els estils de cada objecte. El mateix passa amb tres paràmetres més que permeten canviar el valor de línia de les capes de les famílies de sistema i els colors de les trames de model.

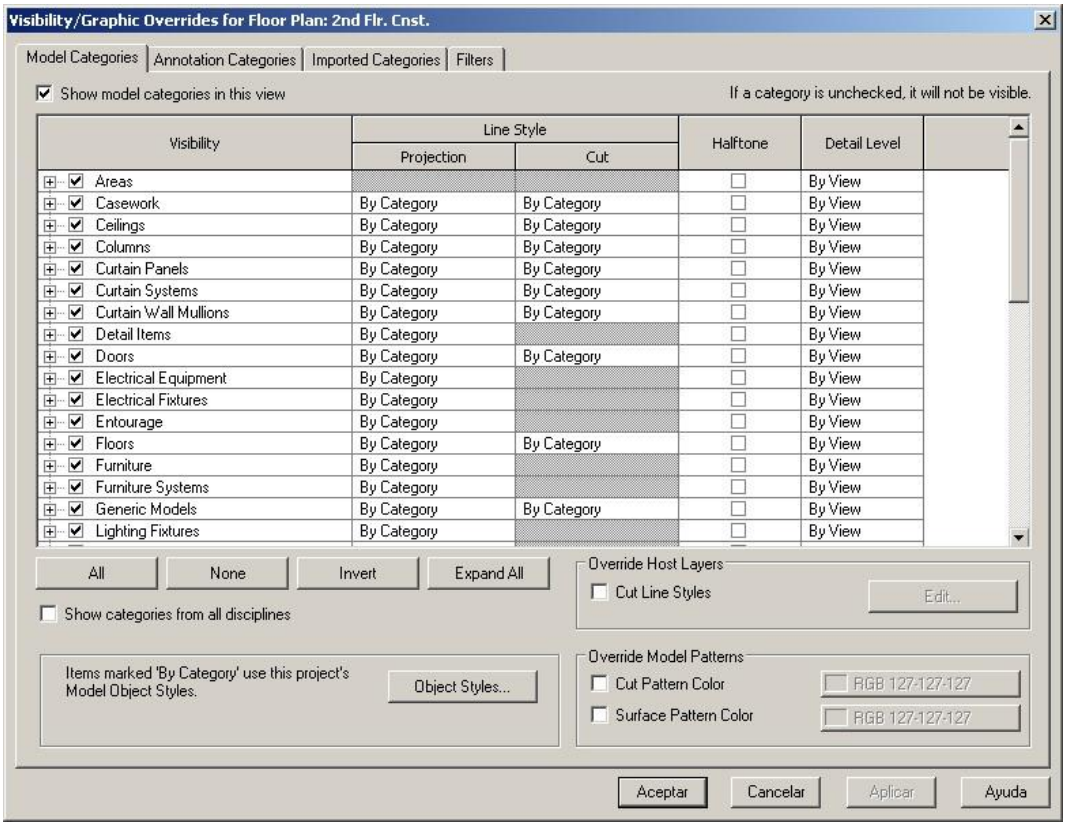


Fig. 4.15. Control dels paràmetres de visualització de les categories d'objectes en una vista en concret. S'observa que hi ha categories, com el mobiliari (furniture) que no pot aparèixer seccionat.

L'estil d'un objecte, al qual es pot accedir des d'aquest quadre o directament, és el conjunt d'atributs gràfics que te cada categoria i subcategoria i que inclouen els paràmetres relatius als valors de línea anteriorment esmentats i, a més a més, el material per defecte a aplicar-hi.

Així s'aconsegueix un cert grau de personalització de cada vista. En la meva opinió, però, les opcions de personalització i el control de la visualització del model està ben enfocat, però s'hi troben a faltar més opcions. Per exemple, en la definició de materials s'hi podria incloure un color de superfície per al mode de visualització de línies ocultes o independitzar els atributs de superfície dels interiors, els quals apareixerien quan l'element fos seccionat.

· Estil de gràfics de model

Com ja s'ha comentat, les vistes gràfiques de Revit son vistes dinàmiques del model i per tant, són sempre tridimensionals. Per això, Revit disposa de quatre modes de visualització: "Wireframe", "Hidden Lines", "Shading" i "Shading with edges" . Normalment s'empren els modes "Hidden Lines" o "shading with edges", però el mode "Wireframe" és útil per a treballar amb objectes que no estan en primer pla. De fet, aquest recurs tan senzill augmenta molt la potencia de les vistes d'alçat, ja que permet establir relacions amb objectes que no apareixen

en ella però que poden influir en objectes que sí que ho facin. Si les vistes fossin generades a partir del model i fossin realment planes, això no seria possible.

També hi ha una eina especifica que permet que un objecte es mostri a través d'un altre amb valors de línia discontinua, la qual cosa resulta molt útil per a augmentar l'expressivitat d'alguna representació, però no resulta pràctic com a eina de treball si el que es busca és un mode de visualització transparent, el qual es troba a faltar en aquesta aplicació.

· **Gràfics de model avançats**

Revit permet mostrar en temps real la projecció de les ombres d'una vista tot indicant la posició del sol respecte a l'edifici. La seva representació es fa pràcticament en temps real i amb el mateix estil de dibuix lineal que la resta de modes de visualització. Altre cop veiem com una tècnica de dibuix que havia estat necessària fins ara per al domini de l'expressió dels volums dels alçats i seccions arquitectònics queda automàticament obsoleta quan una aplicació informàtica se'n fa càrrec. Això sí, té la limitació de no poder escollir quins objectes projectaran ombres i quins no.

· **Subjacent**

El les vistes en planta, es permet la visualització d'una altra planta com a fons de l'actual. Resulta útil per a referir-se a elements d'altres plantes, per exemple, però no es un sistema que serveixi per mostrar elements projectats. De fet, Revit no disposa d'aquesta opció i es troba a faltar. El cert és que alguns dels seus competidors tampoc en són capaços, però per a aquesta aplicació en concret seria força senzill ja que sempre treballa amb el model complet.

· **Disciplina**

Ja sabem que el model arquitectònic és una base de dades que pretén poder ser utilitzada per diversos programes especialitzats en diverses disciplines relacionades amb el món de la construcció. Atès que Autodesk ja disposa de tres aplicacions especialitzades en tres disciplines diferents, Building, Systems i Structure, dóna a l'usuari la possibilitat de treballar només amb els elements i amb el sistema de visualització més apropiat per a cada disciplina.

· **Plantilla de vista**

Com es lògic, les configuracions de cada vista es poden guardar per a ser emprades en altres vistes, tot i que només es s'aplicaran les opcions que siguin compatibles amb qualsevol mena de vista gràfica.

· **Control de l'extensió de la vista**

De cada vista gràfica se'n pot configurar l'abast del que es mostra, depenent de les opcions disponibles segons el tipus de vista. Així, en les plantes i seccions es controla el pla de tall i la profunditat de la visualització, mentre que en les vistes dinàmiques es disposa d'una caixa de retall que secciona el model. Una altra possibilitat comú a totes és la de retallar la finestra de la

vista, la qual inclús es pot partir en diversos trossos, que després es poden conpondre com es vulgui. D'aquesta manera es controla l'enquadrament de la vista.

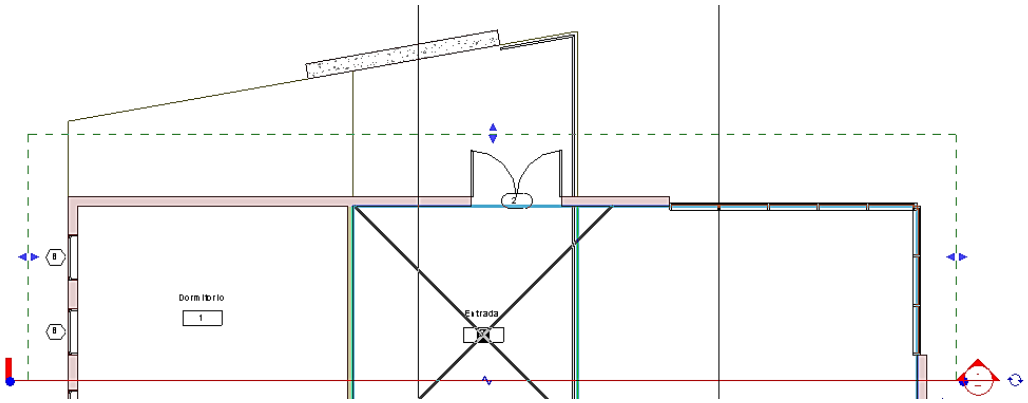


Fig. 4.16. Control gràfic de l'extensió en planta d'una secció.

Aquestes eines estan força aconseguides però és una llàstima que la profunditat de vista de les plantes no es pugui realitzar gràficament de la mateixa manera que es fa amb les plantes i seccions. Per altra banda, la caixa de retall de les vistes dinàmiques és força impressionant, ja que ho fa en temps real. Com es pot esperar que en equips poc potents o en models mitjanament complexos resulta poc àgil en la seva edició, però no se li pot demanar més.

És una llàstima que aquesta eina no permeti establir el rang de visualització d'elements projectats, ja que resulta impossible mostrar elements projectats en cap mena de vista. L'única cosa que es pot fer és calcar els elements amb línies que es volen projectar tot mostrant-los prèviament amb la propietat de "subjacent".

· Fase

Amb aquesta opció es controla quina fase és l'actual i quins objectes es mostren en relació a aquesta fase. La configuració d'aquests filtres de fase es fa a través d'un quadre independent, que és el mateix que permet crear les fases mateixes. Per exemple, podem indicar que som a la fase d'estat final i aplicar un filtre que mostri només els objectes de la fase actual o, pel contrari, els de l'actual i els enderrocats amb un valor de línea diferent.

· Opció de disseny

De manera anàloga al control del projecte en diferents moments històrics, també es pot treballar amb diferents versions de disseny de zones del projecte. D'aquesta manera, s'aprofiten els elements comuns i s'efectuen variacions en aquells que interessi. Amb aquest control es selecciona quina versió del projecte es mostra en cada vista.

· Filtres

Aquesta eina permet mostrar gràficament elements que compleixen una determinada propietat tot variant les seves propietats visuals. Les possibilitats són escasses ja que es limiten al valor de línia de la representació dels contorns de l'objecte. Pot resultar molt útil per a l'elaboració

d'esquemes d'anàlisi segons paràmetres, però les seves possibilitats de configuració haurien de ser idèntiques a les del control de visualització per categories, ja que en permetria un ús més flexible.

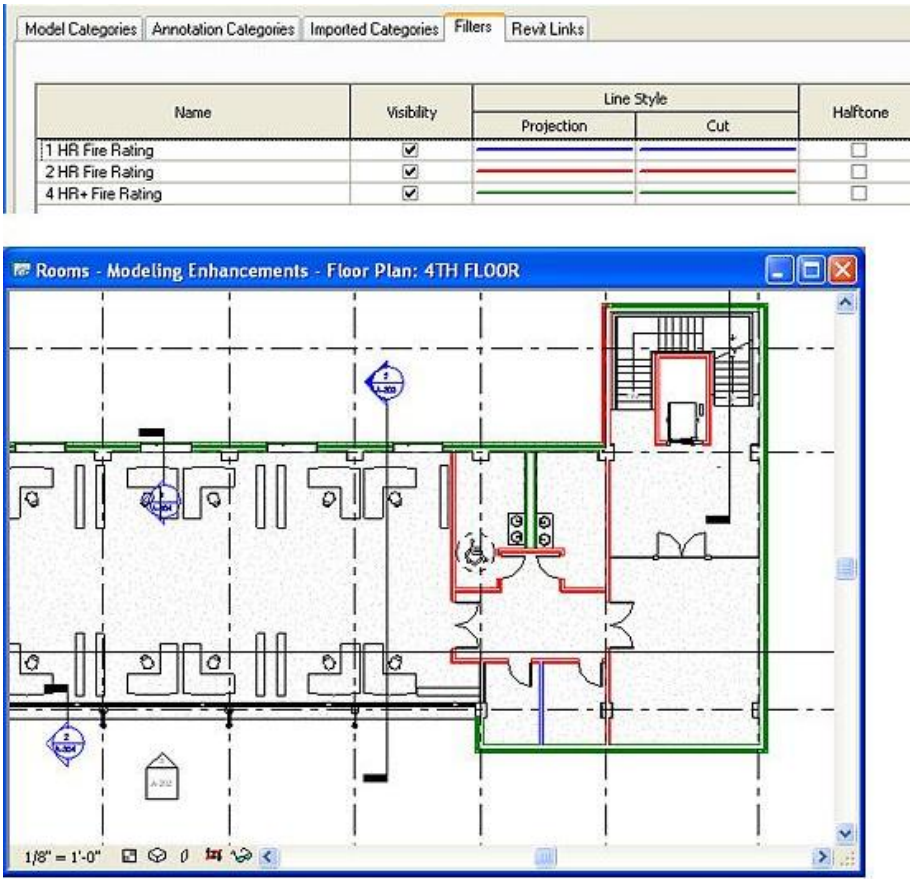


Fig. 4.17. Filtre de visualització que acoloreix els tancaments segons la seva resistència al foc.

4.4.3 EINES DE MODIFICACIÓ LOCAL

Fins ara s'han vist les eines de personalització de les vistes en base a propietats dels objectes que s'hi mostren o a opcions generals de la vista. Però una vista, un cop generada, es pot manipular com si fos un dibuix bidimensional emprant eines de modificació locals.

· Modificació de línies

Les línies de les representacions gràfiques del model es poden modificar com a tals tot seleccionant-les i variant el seu estil de línea. Com que hi ha un estil de línia de sistema que és invisible, es poden fer desaparèixer parts de les representacions dels elements o corregir alguns errors en la visualització. La longitud de la correcció també és editable, així que és una eina molt valuosa ja que permet corregir la representació d'elements de manera no objectual.

· Control de vistos i ocults

Permet mostrar elements que estan darrera d'objectes que els oculten.

· Pintat de materials

S'aplica un material a les cares que es seleccionen. Realment és molt útil per a modificar aquelles cares d'objectes que no es mostrin amb l'acabat que ens interessi. Per posar un exemple, el material del cantell d'un forjat correspon per defecte al material de la capa inferior, però amb aquesta eina es pot canviar aquest material en la cara que interessi.

· Retall de cares

Permet retallar porcions de cares d'objectes del model tot dibuixant un contorn tancat sobre elles. D'aquesta manera s'aconsegueixen zones que es poden omplir de materials diferents dels que cobreixen les cares on es troben. És una eina útil a l'hora d'afegir detalls a paraments o paviments sense haver de modelar objectes nous. Pot actuar en famílies de sistema o en els sòlids de famílies de components, sempre i quan s'obrin per a editar-les.

· Edició de perfil seccionat

És una eina que permet modificar el contorn d'elements seccionats en vistes de planta, secció o alçat. D'aquesta manera es pot modificar la representació d'un element sense modificar-lo geomètricament. Per exemple, és fàcil modificar la secció d'un forjat per a representar la formació de pendents d'una coberta plana, o modificar el grafisme del cantell d'un forjat. Es tracta d'afegir informació gràfica a elements per tal de millorar la seva definició sense haver de recórrer a modelats complexos.

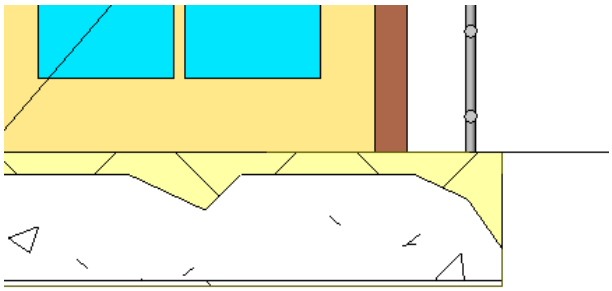


Fig. 4.18. Perfil modificat. Es tracta d'una representació no modelada que només tindrà efecte en aquesta vista.

· Adició d'elements de detall

En tota vista estàtica s'hi poden afegir elements bidimensionals que es superposen a la vista. Això permet completar la vista afegint-hi detall o modificar la representació d'alguns elements de forma manual, ja que a través de regions emplenades de blanc es poden ocultar zones de la vista per a substituir la informació que hi apareix per una altra. Els elements que s'hi dibuixin poden vincular-se a objectes del model, de tal manera que es moguin amb ells, però no s'inclouran en el model. Es a dir, formaran part de la vista en la que es dibuixen, ja que són bidimensionals.

Per aquesta raó, aquesta mena d'eines no es poden emprar en les vistes dinàmiques, ja que en aquestes el vector de visualització no està bloquejat i no es controla la posició d'elements

superposats respecte al pla del quadre de la vista. Aquesta característica és força desconcertant, ja que precisament una de les gràcies de Revit és que tracta totes les vistes gràfiques aparentment de la mateixa manera (totes són tridimensionals al fi i al cap), però en canvi, en aquest cas no és possible incloure informació en aquestes vistes que sí que pot estar disponible en la resta de projeccions. De tota manera, també sembla que el motor gràfic de les vistes 3D és diferent que el de la resta, ja que té algunes particularitats a nivell de representació (com es veurà tot seguit) que ho delaten. Suposo que la raó és simplement la necessitat de poder canviar la direcció de la vista en temps real, cosa que no es pot fer en les estàtiques

Cal remarcar que aquests elements, a diferència de la resta, no estan situats en cap pla de treball del model, sinó que en son independents doncs pertanyen al pla de la pròpia vista, al que en geometria descriptiva s'anomena "pla del quadre".

· Ocultació o aïllament d'elements

En qualsevol vista es poden ocultar o aïllar elements concrets o tots els de la mateixa categoria simplement seleccionant-los. En aquesta versió, aquesta personalització de la vista es pot emprar temporalment o de manera permanent. La diferència és que, en el primer cas, no serà efectiva quan s'imprimeixi la vista i, en el segon, si. Per a descobrir els objectes ocults en cada vista, i ha una eina específica que els mostra, per tal de permetre desfer la seva oclusió. És un recurs molt contemporani, que poc a poc, van incorporant totes les eines de CAD en general, ja que ofereix un sistema de filtratge visual molt directe.

· Superposició de configuració de visibilitat

A cada element o categoria de cada vista se li pot aplicar una superposició de configuració de visibilitat que permet variar les seves propietats visuals, des de canviar el seu valor de línia a fer-lo transparent.

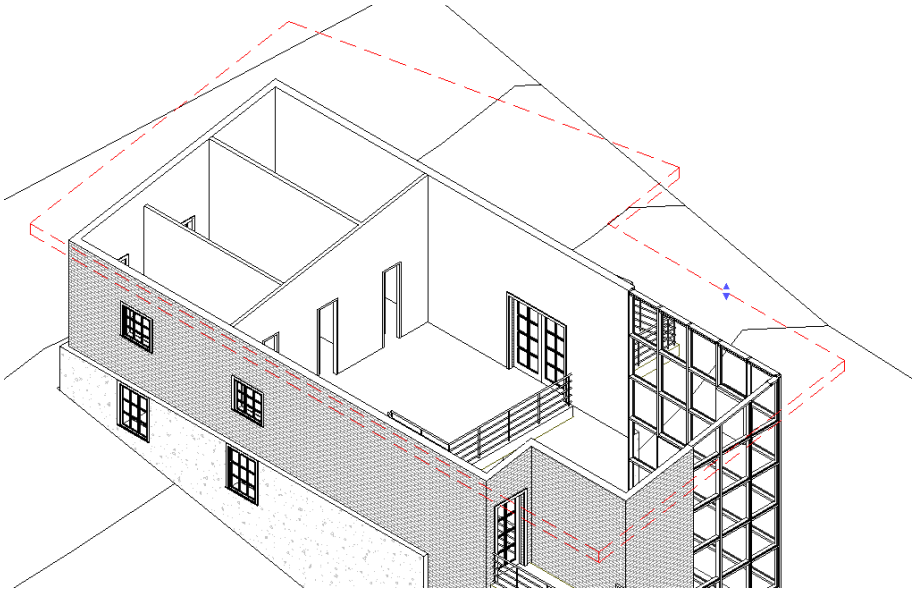


Fig. 4.19. Aquesta coberta ha estat establerta com a transparent i amb tipus de línia discontinua només en aquesta vista

4.4.4 ASSIGNACIÓ DE MATERIALS

Els materials juguen un paper important en la visualització dels elements paramètrics. Cada categoria d'elements paramètrics està format per una o més subcategories, cadascuna de les quals pot tenir un material assignat. Per altra banda, cada peça d'una família pot tenir un material propi, independent de la subcategoria a la qual pertanyi. Però també hem de recordar que l'eina pintar material permet aplicar-lo sobre qualsevol superfície, amb la qual cosa el control de materials resulta molt flexible.

Cada material defineix un color, un tramat de superfície i un tramat de secció. Però també inclou una textura del renderitzador integrat (de moment no exportable a altres renderitzadors), unes propietats físiques (pesos i resistències) i una sèrie de paràmetres d'identificació. Les propietats físiques es poden emprar per a càlculs estructurals i les dades identificatives serveixen per generar llistats o etiquetar els materials d'un detall. La definició dels materials es desa en l'arxiu de projecte o família on es crea.

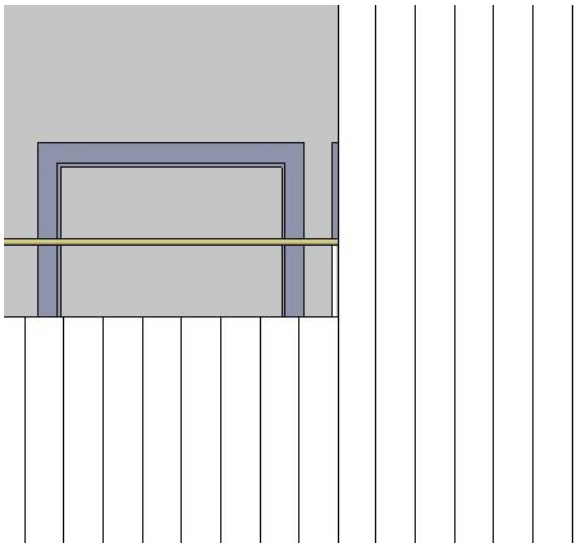


Fig. 4.20. Parament amb un material de trama en forma de ratlles verticals. Aquest acabat s'ha pogut alinear amb el canvi d'alçada simplement seleccionant-lo i alineant-lo amb l'aresta corresponent.

Per altra banda, dos objectes només es poden unir si tenen assignat el mateix material, la qual cosa és molt coherent i útil. Per exemple, només podrem unir una jàssera de formigó amb un forjat que contingui aquest material. No passa el mateix amb els sòlids que componen parts d'una família, on un adopta el material de l'altre.

4.4.5 TRANSFERIDOR D'ESTÀNDARDS

És una eina que permet transferir totes aquelles configuracions d'un projecte que no es poden transferir a través de famílies de component. Això inclou tipus de línia, trames, plantilles de configuració de vista, etc.; però també els tipus de les famílies de sistema. Per tant, permet transferir aspectes gràfics i paràmetres propis dels objectes. I és que en Revit ambdós aspectes són paràmetres dels objectes.

És una eina molt adequada però força rudimentària, ja que es limita a oferir un llarg llistat d'opcions de les quals no se'n pot afinar la transferència, per exemple, transferir un tipus concret de tancament o un material determinat.

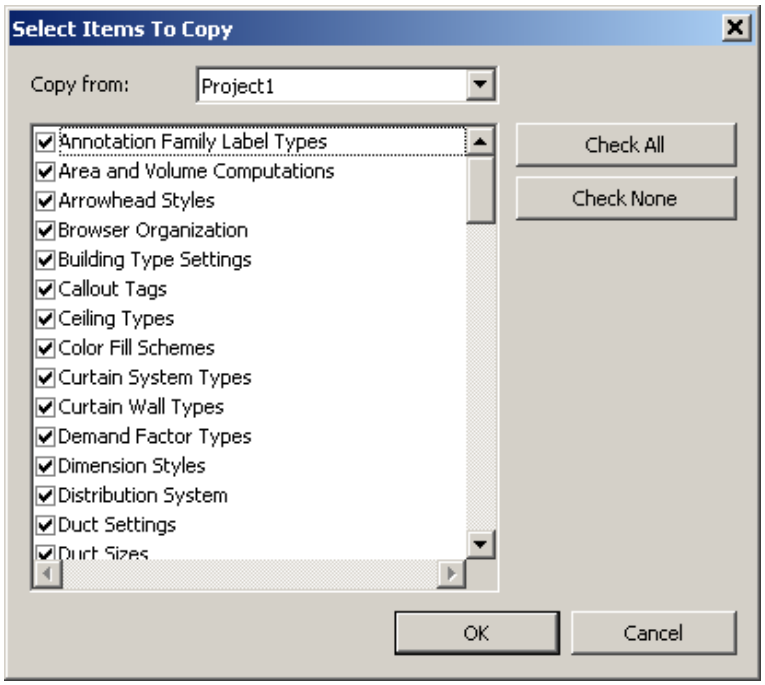


Fig. 4.21. Transferidor d'estàndards.

4.4.6 VISTES DE PLANTA

Corresponen a talls horitzontals a certa distància dels nivells en base als quals s'organitza verticalment l'edifici. De la mateixa manera que les vistes de Secció i Alçat, es pot controlar el pla de tall i la profunditat de la vista, però a diferència d'elles, el control d'aquest paràmetres no és visual sinó que es fa a través d'un quadre de diàleg gens intuïtiu.

Totes les vistes de Revit són tridimensionals, mostren tot el model sencer, però en aquesta mena de vistes i en les de secció i alçat el vector de visualització està molt restringit. De fet, les vistes en planta sempre són perpendiculars als nivells, els quals sempre són horitzontals. En realitat, poques vegades es necessita una planta no horitzontal però es força emprenyador que no funcioni com les seccions o alçats.

4.4.7 VISTES DE SECCIÓ

Corresponen a talls, en principi verticals, que es fan de l'edifici en qualsevol part.. Les seccions es tracen des de qualsevol altra vista tot dibuixant una línia que representa el pla de tall. Més tard, aquesta línia es pot trencar per a crear una secció de diversos plans. La vista generada apareix llistada al navegador i la seva representació, a totes les plantes, seccions o alçats que en siguin perpendiculars. Cada secció apareix etiquetada amb el nom del plànol on apareix.

Al igual que les vistes en planta, el seu abast es pot ajustar, tant en profunditat com en extensió, però aquest cop de manera gràfica. Totes les vistes són objectes en sí mateixos, i per tant, es poden moure, copiar i rotar com a tals si és que es poden seleccionar des d'una altra vista. Per això és molt fàcil modificar les condicions d'una secció perquè apareix grafiada en altres vistes. És possible rotar una secció (o un alçat) des d'una altra vista horitzontal, tot aconseguint una secció inclinada (poc habitual) però llavors no apareixerà en les plantes, ja que no hi serà perpendicular. Fins i tot és possible tornar a girar-la vers un eix vertical i obtenir vistes obliqües, tot i que llavors el seu grafisme no es visualitzaria en cap altra vista. Hi ha altres maneres d'obtenir vistes amb aquesta orientació, com es veurà en l'apartat de les vistes dinàmiques, però es controlen de manera diferent i tenen altres condicionants.

4.4.8 VISTES D'ALÇAT

Conceptualment són molt similars a les seccions, ja que també són seccions verticals que mostren l'edifici. Com en les anteriors, es pot controlar el seu abast tant en horitzontal com en profunditat, però no es poden inclinar verticalment. També canvia el seu grafisme, ja que simplement es representen com una fletxa i una etiqueta que identifica la vista en qüestió dintre del plànol on hi pareix. Respecte a això, cal puntualitzar que, com es veurà en el següent capítol, totes les etiquetes, incloses les que etiqueten les seccions i alçats, són objectes; i com a tals, es poden personalitzar.

Es col·loquen en les vistes en planta indicant un punt des del qual es poden activar alçats en quatre dimensions diferents. El punt pot estar dins o fora de l'edifici. Si es col·loca dins, automàticament es restringeix el seu àmbit al de la cambra on es troba, ja que es suposa que el que es pretén es obtenir-e un alçat interior. Aquesta operació és, a més, molt ràpida, ja que només hem d'activar les quatre orientacions possibles de l'objecte de vista per a obtenir els quatre alçats interiors d'una cambra

4.4.9 VISTES DINÀMIQUES

En realitat, totes les vistes de Revit són tridimensionals, però la resta tenen el vector de vista bloquejat (plantes, seccions i alçat). En canvi, Revit anomena "3D Views" a un tipus especial on l'usuari pot canviar el punt de vista en qualsevol moment de manera dinàmica. Una altra diferència és que està pensada sobretot per a visualitzar el model des del punt de vista formal, ja que la majoria d'objectes d'anotació no hi poden aparèixer. Sí que ho fan les cotes, les quals s'orienten segons el pla de treball actual.

Com a la resta de vistes, es pot controlar l'extensió del pla del quadre de la vista i el seu abast. Aquest últim paràmetre també es realitza de manera gràfica a través d'una caixa de retall tridimensional que és capaç de tallar tot el model en temps real. Com que el nivell de detall i el sistema de representació és idèntic al de les vistes estàtiques, hi ha una gran coherència en la representació del model en totes les vistes, fet que és remarcable. De fet, permet a l'usuari configurar la vista per a que inclogui el mateix àmbit que una altra vista estàtica, obtenint així una vista dinàmica d'una porció de l'edifici.

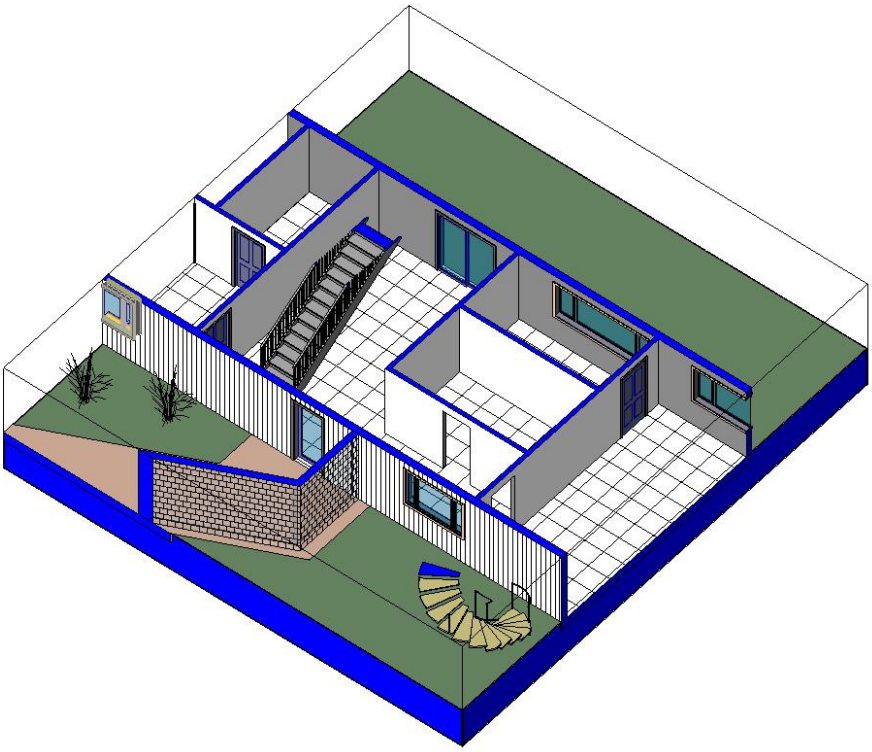


Fig. 4.22. Vista tridimensional a la que se li ha aplicat una caixa de retall i un color comú per a totes els elements seccionats.

Si s'analitza com representa Revit el model tridimensional, ens adonarem que mentre que els volums dels objectes són modelats, el seu interior, que apareix quan són seccionats, és pura representació. Per exemple, quan es secciona un element amb capes, ja sigui un mur o un forjat, aquestes apareixen en el tall. Però és evident que aquestes capes no estan realment modelades tridimensionalment, sinó que es crea la il·lusió de que ho estan tot mostrant-les en el tall. És el mateix que es fa en les seccions estàtiques, però en les vistes dinàmiques aquest mecanisme resulta més obvi. Naturalment aquesta estratègia és la més eficaç, ja que hem de recordar que aquesta mena d'aplicacions no tracten de modelar l'edifici sinó de mostrar la informació gràfica d'una base de dades de l'edifici. Com a contrapartida, els sistema no està prou acurat, ja que apareixen efectes no desitjats com els següents:

· Trames amb orientació fixa

Al igual que en les vistes estàtiques, les trames de delineació ("drafting patterns") mantenen una orientació respecte a la vista. En les vistes 3D també, la qual cosa és desconcertant, ja que en la definició de materials, només es poden emprar trames de delineació per a les parts seccionades i això fa que, quan es visualitza un model a través d'una vista dinàmica seccionada, les trames es quedin fixes mentre el punt de vista gira. D'alguna manera està clar que Revit superposa les tramés al contorn seccionat del model, sense tenir en compte l'orientació dels objectes que trama. El cer és que això només és contraproduent amb trames formades per línies i en determinats casos, mentre que segurament és un artifici que fa possible l'augment de rendiment del motor gràfic. Aquesta situació no es dóna amb els les trames de model, les quals mantenen la seva orientació respecte a les superfícies que cobreixen, ni quan es fa servir el

nivell de detall baix (molt habitual en aquesta mena de vistes, ja que llavors les capes no es mostren i el tall es realça pintant-lo d'un color.

· Defectes en la unió de pilars arquitectònics

Quan es col·loca un pilar arquitectònic, la capa d'acabat del mur on s'insereix rodeja el pilar. No obstant, quan aquest apareix seccionat horitzontalment, el mur sembla travessar-lo.

· Plecs verticals dels fulls dels murs

Les capes dels murs tenen la capacitat de plegar-se cap endins en les obertures per tal de formar els brancals corresponents. Dons bé, a les seccions bidimensionals els fulls no es pleguen en la formació de la llinda, com és habitual, però si que ho fan en el model tridimensional seccionat per una caixa de retall. És a dir, Revit mostra el mateix detall d'encontre del mur amb una obertura independentment de l'orientació del tall. Una mica ridícul.

4.4.10 VISTES DE CRIDA

Les vistes de crida es creen a partir de regions de vistes de planta, alçat i secció. El seu objectiu és crear vistes ampliades de zones concretes per tal de detallar-ne la informació tot afegint-hi elements de detall (veure capítol de modelat de la informació de l'edifici). Per tal de poder situar-la en el context de l'edifici, es representa a la vista en la que es crea amb un rectangle amb les cantonades arrodonides i s'etiqueta amb el nombre del plànol on apareix.

4.4.11 VISTES DE DELINEACIÓ

Com les anteriors, són vistes destinades a elaborar-hi dibuixos bidimensionals que completin la informació del model, especialment a escales reduïdes. La diferència està en que són dibuixos completament deslligats de l'edifici, tot i que es poden vincular a vistes de crida per a situar-los en el context del model. De fet, també es poden entendre com el destí dels dibuixos delineats que serviran per a especificar o detallar el disseny que els objectes BiM no són capaços de mostrar. Molts usuaris els realitzaran amb altres aplicacions CAD i després els importaran en aquestes vistes; altres, empraran les eines especifiques de Revit per a la creació d'elements bidimensionals.

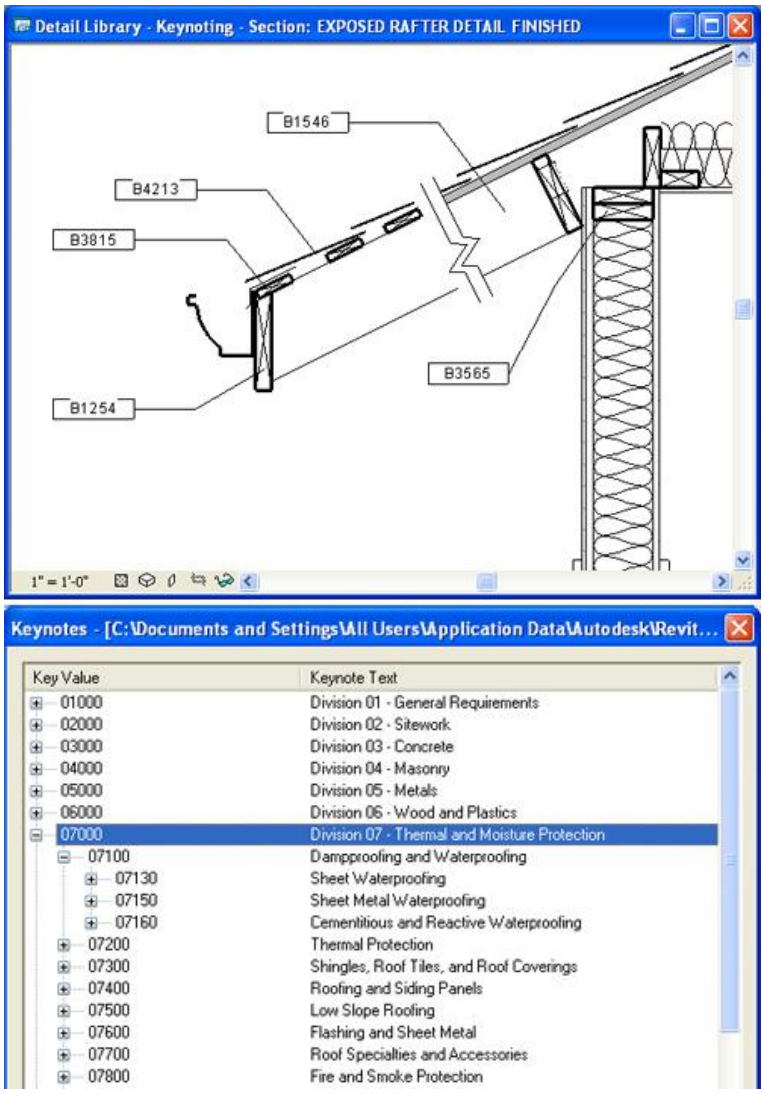


Fig. 4.23. Vista de delineació superposada a una secció real de l'edifici. Els dibuixos bidimensionals són objectes paramètrics que contenen informació sobre la seva nomenclatura. A més estan vinculats als contorns seccionats dels objectes, de tal manera que si el ràfec es redueix, ho farà també el del detall.

4.4.12 VISTES ALFANUMÈRIQUES

Treballar un model com una base de dades implica no estar limitat a les eines gràfiques per al seu disseny. De fet, la representació gràfica de l'objecte arquitectònic és només un camp més en cada registre. A més a més, la forma està sovint lligada a paràmetres i aquests, es poden treballar millor a través de vistes en forma de taula. Per exemple, si es volen controlar les mides de les portes d'un edifici, resulta molt més senzill veure-les totes en un llistat que anar cercant-les per tot el model. Però també es poden extreure altres dades que estan contingudes en el model però que no pertanyen a cap objecte en concret, com per exemple el nombre total de portes d'un determinat tipus. Les Taules també permeten afegir informació als objectes, tot creant els paràmetres que es desitgi i, fins i tot, incloure-hi fòrmules per a calcular valors en relació a altres camps.

La informació continguda en aquestes vistes es pot exportar, però també es podrien llegir directament per a qualsevol aplicació que fos capaç de connectar-se a aquestes vistes. D'aquesta forma es podrien aconseguir, per exemple, aplicacions d'amidaments que llegissin les mesures dels elements de l'edifici.

Però el que és verdaderament potent d'aquesta mena de vistes és que, al igual que les gràfiques, qualsevol canvi que es faci en elles modifica el model. Aquesta característica és pròpia d'aquelles aplicacions BIM natives i bidimensionals, però no és pròpia de totes les aplicacions BIM del mercat.

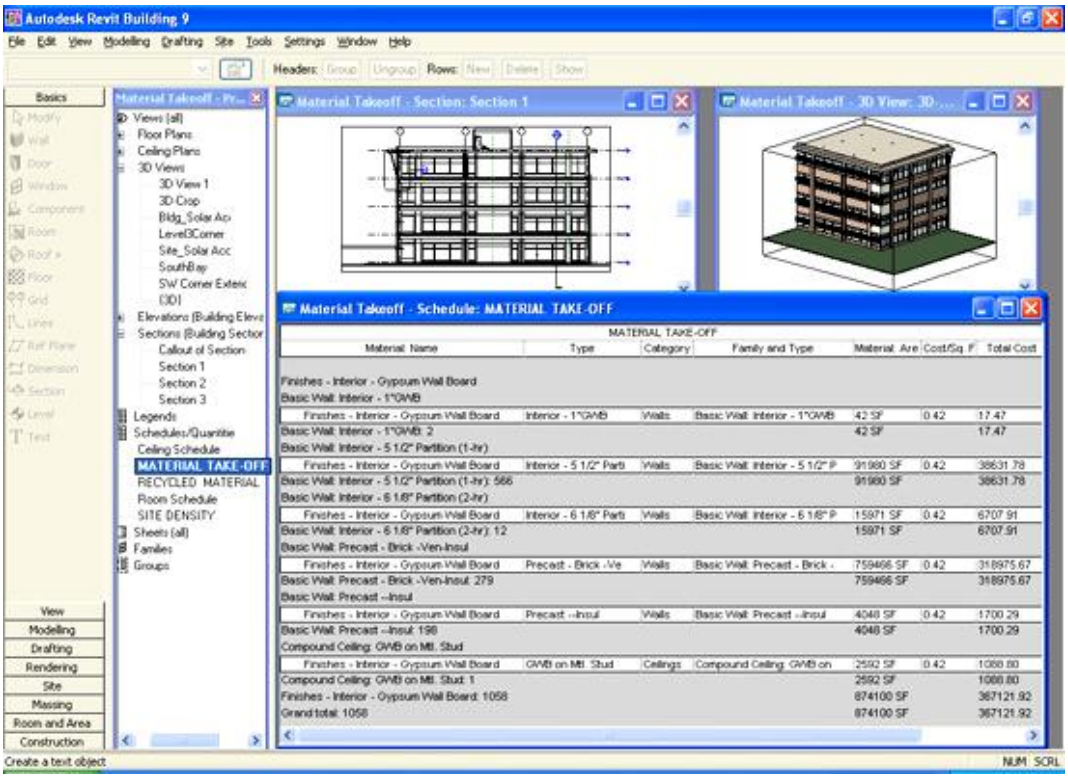


Fig. 4.24. Vista alfanumèrica dels acabats de les cambres d'un edifici. Es computen les superfícies per tal d'amidar-ne els totals.

4.4.13 PLÀNOLS

L'apartat dels plànols conté totes les làmines que expliquen el projecte. Les làmines com a tals són objectes paramètrics que poden contenir la informació general del projecte i altres dades com les revisions o la numeració del plànol. En cada plànol s'hi poden inserir vàries vistes, les quals apareixen automàticament rotulades amb el seu nom i un número de vista relatiu al plànol. Aquestes insercions mantenen idèntica configuració que la vista de la que provenen, ja que són el mateix objecte.

Una característica essencial del sistema de plànols i vistes, és que cada vista només pot aparèixer en un plànol, ja que el sistema d'etiquetatge de les seccions, alçats i vistes de plànols mostra el plànol on apareix aquella vista i, senzillament, no està pensat per a mostrar més d'un plànol. Realment, no trobo que aporti cap avantatge aquesta limitació, però l'aplicació funciona

així. Si volem que una mateixa vista aparegui en diversos plànols, l'hem de duplicar des del navegador de projecte. Això vol dir que, per exemple, per tal d'emprar la clàssica "mosca" que indica l'emplaçament de les seccions, més val exportar el dibuix a DWG, i crear-ne un símbol per a incloure'l en la làmina.

A l'hora d'imprimir, en realitat el que es selecciona són les vistes que es volen imprimir, siguin o no plànols. Revit sempre empra les impressores del sistema, i no permet la creació d'impressores amb configuracions prefixades.

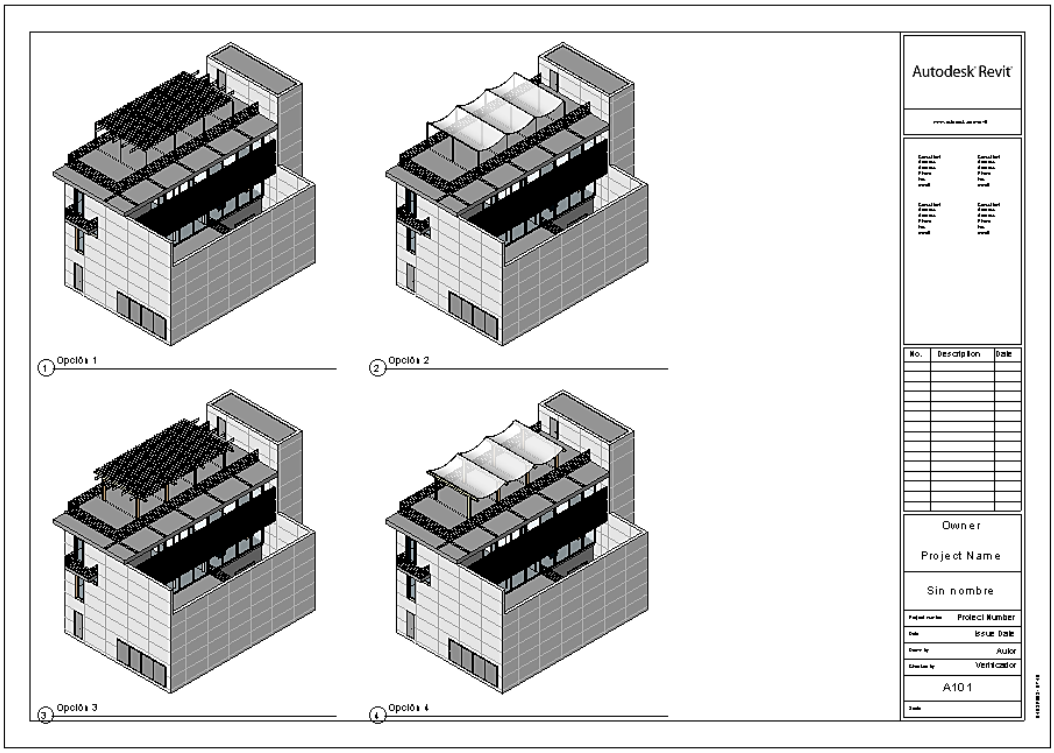


Fig. 4.25. Plànol mostrant quatre opcions de disseny consistents en la combinació de dos tipus de suports i dos de pèrgola. La resta de l'edifici és comuna.

4.4.14 PUBLICACIÓ

Revit permet exportar vistes del projecte o làmines al format portàtil d'Autodesk DWF. El sistema en permet configurar diferents conjunts de selecció per a després generar els fitxers. És una llàstima que no permeti fe e mateix amb el format PDF. Es tracta d'una decisió comercial que no beneficia a l'usuari, que haurà de emprar una impressora ODF per a poder publicar les vistes del model en aquest format molt més estès.

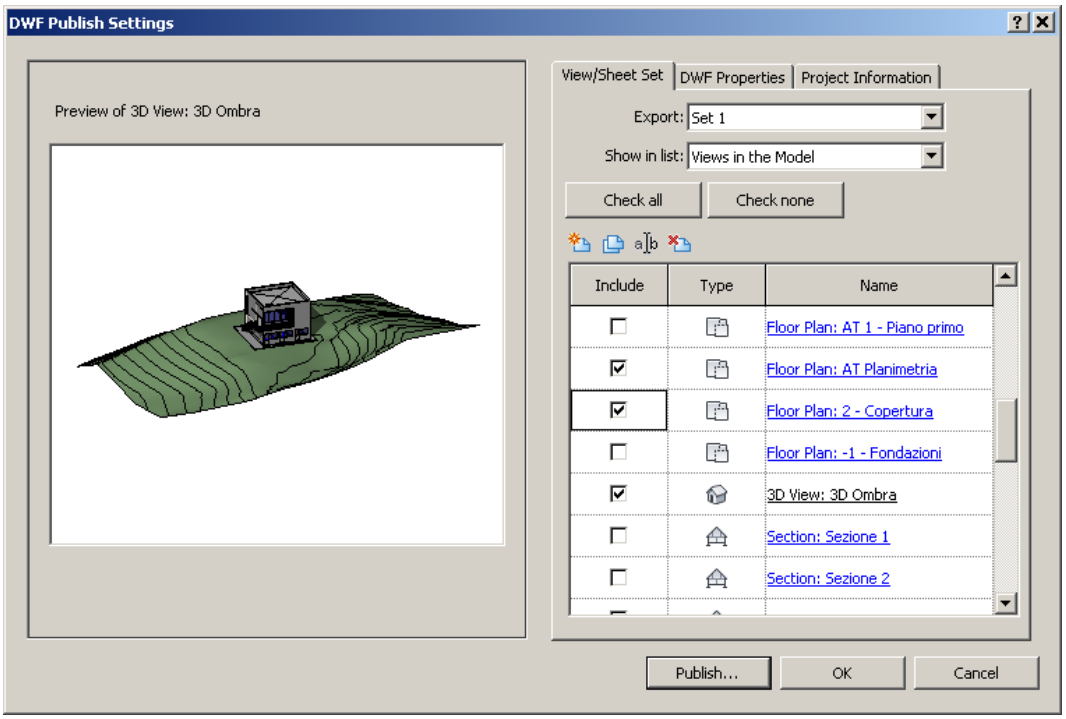


Fig. 4.26. Sistema de configuració dels conjunts de publicació.

4.4.15 RENDERING

Revit integra el motor de renderitzat de Mental Ray, la qual cosa permet compartir llibreries amb AutoCAD i 3DsMax. Les opcions de renderitzat són suficients per a un ús poc exigent, tenint en compte que es pot emprar el motor d'il·luminació per radiositat. No obstant, si es volen millors resultats, es pot exportar el modela a 3DsMax, el qual és capaç de llegir l'assignació de materials modelada en Revit i permet la còmoda edició del model, al importar també l'estructura jeràrquica de Revit.

4.4.16 CONCLUSIONS

En una base de dades, l'accés als continguts és tan important com els continguts en sí. Revit pretén ser una plataforma d'intercanvi de dades entre objectes de diferents disciplines. L'accés a les dades ha de ser, doncs, necessàriament gràfic i alfanumèric.

Com a qualsevol aplicació de disseny, el camp de la visualització i la representació del model és molt important. Revit se'n surt prou bé. A falta de polir alguns detalls, el cert és que la gestió de la visualització és senzill d'entendre i força efectiva. Si es compara amb aquells que empren sistemes amb capes o mixtes, es demostra que és possible plantejar el control amb altres mecanismes, sobretot si no s'és excessivament llepafils a l'hora de generar els plànols.

També el fet de generar totes les vistes directament del model és gran pensada. Llàstima que aquesta coherència es mig perdi amb l'absurda distinció entre vistes 3D i la resta. Òbviament, segur que té una explicació tècnica però els seus efectes no s'haurien de detectar.

Atès que la representació del projecte depèn en gran part del modelat de la informació de l'edifici, cal entendre que sempre hi haurà limitacions en aquest el camp, ja que només podrem mostrar automàticament allò que siguem capaços de crear com a objecte. Una aplicació BIM no és una eina de dibuix sinó una eina de Modelat de la Informació de l'Edifici. La representació sempre estarà a lligada a quina informació gràfica puguem introduir a l'element que modelem. Sempre quedarà, però, la possibilitat de representar l'element manualment a l'estil del CAD literal.

4.5 MODELAT DE LA INFORMACIÓ DE L'EDIFICI

Un altre dels aspectes innovadors de Revit és la claredat de la seva interpretació de la tecnologia d'objectes aplicada al BIM que ofereix una interface de modelat de la informació molt coherent que difumina la frontera entre l'espai de treball de l'edifici i el dels seus components.

4.5.1 TECNOLOGIA D'OBJECTES

Una aplicació BIM treballa amb objectes que contenen tota mena d'informació. En Revit, tots els elements que hom pot emprar per a dissenyar l'edifici són objectes que es relacionen entre ells a través d'una API que els connecta a una base de dades comuna. En realitat, qualsevol mena d'element té la mateixa estructura de dades, l'únic que els diferencien és la informació que contenen. Per això, resulta tan natural la interrelació paramètrica entre ells.

Els elements s'agrupen en famílies. Cada família és un conjunt d'elements que comparteixen definicions de paràmetres idèntics amb valors diferents. Per exemple, una família de portes seria un conjunt de portes que comparteixen un mateix disseny però que en presenten variacions (de dimensions, de materials, etc). Cada variació d'una mateixa família és anomenada "Tipus". Per exemple, una mateixa família de portes pot incloure diversos tipus de portes corresponents a diferents mesures. L'avantatge d'aquest sistema és que es genera un únic disseny en el qual s'estableix quins són els aspectes que el defineixen i com s'adeqüen a diferents condicions d'emplaçament. És el que es coneix per disseny paramètric i és una forma de dissenyar que els arquitectes tradicionalment han emprat mentalment, però no a través de les seves eines de treball.

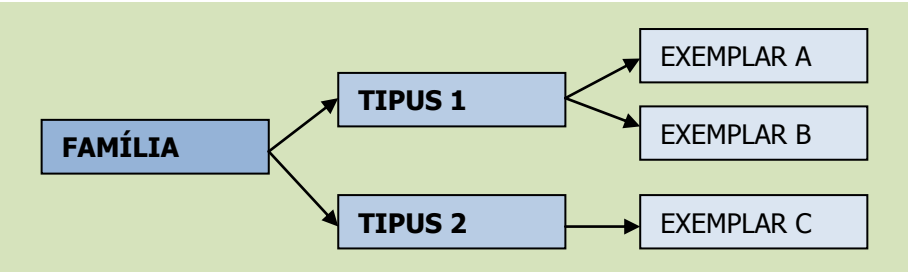


Fig. 4.27. Jerarquització de famílies d'objectes paramètrics segons Revit. Els exemplars A i B poden ser diferents si la família conté paràmetres d'exemplar.

Per altra banda, les famílies es classifiquen en categories segons la mena d'objectes que són. Aquesta classificació serveix per a controlar la seva visualització tant a nivell gràfic com alfanumèric a través de les propietats de visualització de les vistes. Hi ha diverses categories: Murs, Parets, Finestres, Models Genèrics, etc. El nombre de categories i el seu nom està definit i no es pot canviar. A més, canvia automàticament segons d'idioma de la localització de Revit amb que es treballa. Cada Categoria es divideix en diverses Subcategories, que corresponen a diferents parts dels objectes. El seu nom també està predefinit, però se'n poden crear de noves a gust de l'usuari.

4.5.2 CONTROL PER CATEGORIES

Revit té una orientació molt radical vers l'ús de capes per a estructurar el projecte, ja que no n'empra. A diferencia d'altres que fan servir capes per a controlar la representació dels elements d'un projecte, Revit confia en el seu sistema de classificació en Categories i Subcategories per a gestionar-lo. En realitat, es tracta essencialment del mateix però amb algunes diferències importants. Per una banda, la assignació d'un nom a aquell component o part d'un objecte és automàtica o dirigida, donat que responen a conceptes universals. Per altra banda, l'ús de categories implícita una jerarquia que permet controlar el conjunt de components d'una mateixa categoria. Per exemple, si es desactiva la visualització de la categoria de Portes, no es visualitzaran cap de les seves parts; en canvi, si es modifica la visualització dels marcs, la resta de components romandran intactes.

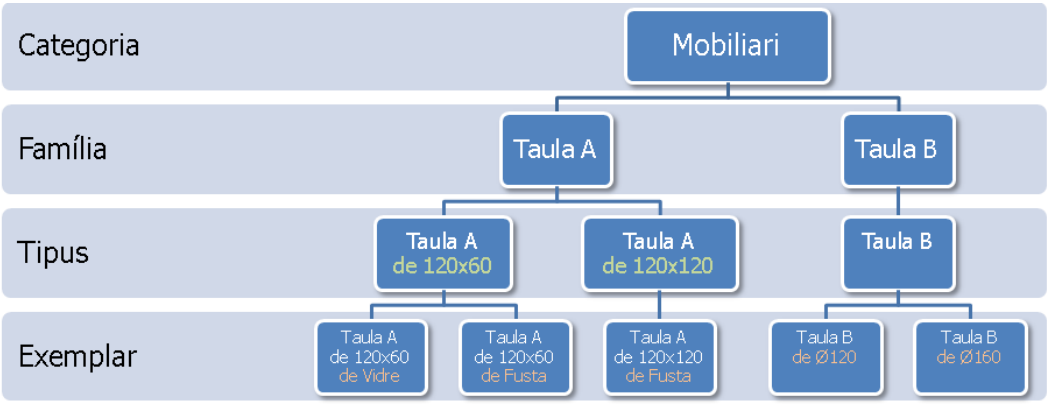
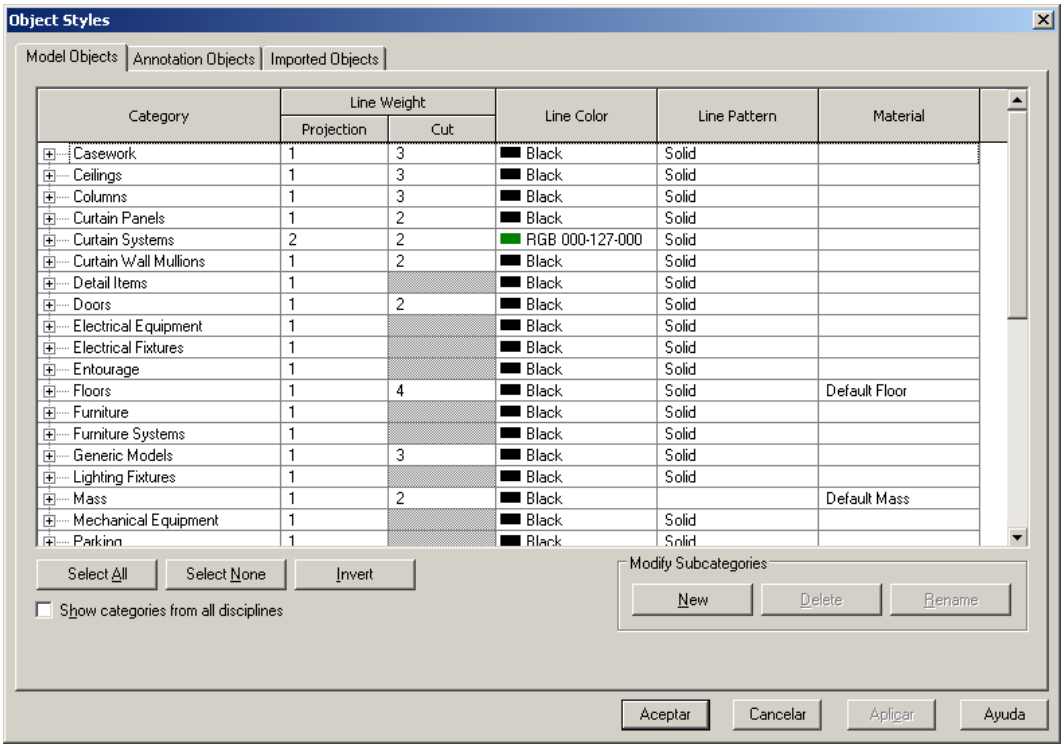


Fig. 4.28. Estructura jeràrquica de la definició dels objectes de Revit. Vàlida, amb matisos, per a totes les aplicacions BIM.



Category	Line Weight		Line Color	Line Pattern	Material
	Projection	Cut			
Casework	1	3	Black	Solid	
Ceilings	1	3	Black	Solid	
Columns	1	3	Black	Solid	
Curtain Panels	1	2	Black	Solid	
Curtain Systems	2	2	RGB 000-127-000	Solid	
Curtain Wall Mullions	1	2	Black	Solid	
Detail Items	1		Black	Solid	
Doors	1	2	Black	Solid	
Electrical Equipment	1		Black	Solid	
Electrical Fixtures	1		Black	Solid	
Entourage	1		Black	Solid	
Floors	1	4	Black	Solid	Default Floor
Furniture	1		Black	Solid	
Furniture Systems	1		Black	Solid	
Generic Models	1	3	Black	Solid	
Lighting Fixtures	1		Black	Solid	
Mass	1	2	Black		Default Mass
Mechanical Equipment	1		Black	Solid	
Parking	1		Black	Solid	

Fig. 4.29. control dels valors de línea dels objectes mitjançant els estils de les seves categories. És quelcom semblant a tenir un sistema de capes jerarquitzat.

4.5.3 INTERACCIÓ DE FAMILIES SEGONS LA SEVA CATEGORIA

Revit decideix com interactuen els objectes que componen el model de l'edifici llegint la categoria a la qual pertanyen, característica clau que diferencia els objectes entre sí. La categoria d'un objecte resulta decisiva en els següents aspectes:

- Visualització dels elements. Tot el sistema de visualització està basat en les categories i en les seves subcategories.

- Elecció dels amfitrions on es poden inserir famílies de components. La plantilla que serveix per a generar una família de component conté ja una família amfitrió que serveix com a referència per a l'element i que restringirà la categoria dels futurs hostes del component que estem creant. Per exemple, una finestra basada en mur, només es podrà inserir en un mur.

- Jerarquia i possibilitats d'unió de famílies. Per exemple, un forjat sempre interromprà un mur al unir-s'hi, dues famílies de components no s'uniran si no són de categories estructurals, etc.,

- Opcions relatives a la creació de famílies, com per exemple, la restricció d'ésser sempre vertical o la d'orientar-se segons el pla de treball actual.

- Detecció de conflictes. Revit verifica automàticament que les col·lisions entre famílies són compatibles. Per exemple, avisarà si una paret toca o travessa una finestra, ja que, en principi, no són categories que es puguin intersecar. De la mateixa manera, connecta automàticament tancament i altres categories de famílies.

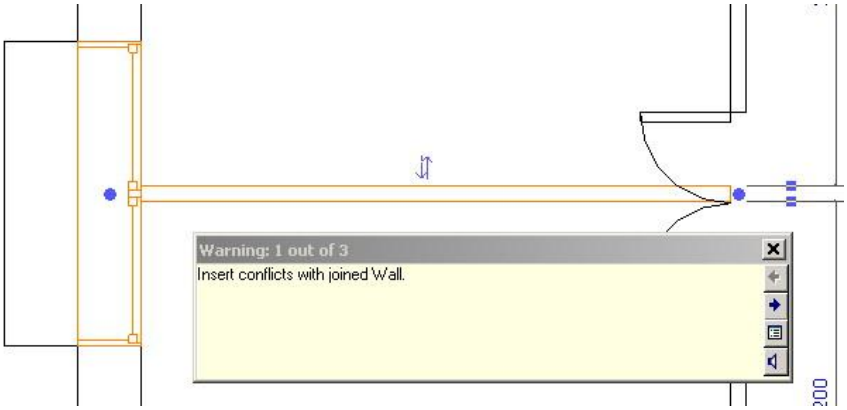


Fig. 4.30. Detecció d'un conflicte entre un envà i una finestra

4.5.4 FAMÍLIES DE SISTEMA, DE COMPONENT I IN-SITU

Des del punt de vista del grau de personalització de les famílies, Revit distingeix entre tres tipus de famílies: de sistema, de component i in-situ. Les primeres estan preconfigurades paramètricament i tenen unes característiques i possibilitats preestablertes. Com a conseqüència d'això, l'usuari no pot canviar substancialment el disseny d'una família d'aquesta mena perquè les seves capacitats paramètriques estan predefinides. Les altres dues són

objectes que es creen de manera personalitzable amb total llibertat. La diferència està en que les famílies de component són objectes independents que poden ser desats fora del model per a ser reutilitzats i les famílies in-situ es modelen en el context del model com a objectes personalitzats per un ús determinat en el si del projecte.

· Famílies de sistema

Les famílies de sistema són aquelles la descripció general de les quals ve definida per la pròpia aplicació a fi de mantenir l'estabilitat de la informació de la base de dades. En la majoria d'aplicacions BIM, són famílies d'aquesta mena els sistemes principals de tancament, com ara les parets i els sostres. També ho són els objectes que ajuden a estructurar espacialment el model, com els eixos i plans de referència així com aquelles famílies la definició paramètrica dels quals fóra massa complexa de definir o l'esforç de fer-ho poc amortitzable (com ara les cotes o les entitats lineals)

El grau d'interacció entre aquesta mena d'objectes és alt i per aquesta raó no es sol deixar en mans de l'usuari la definició d'aquestes regles. Per exemple, els murs i els sostres solen haver d'estar vinculats a uns nivells horitzontals establerts amb anterioritat. Això garanteix uns mínims d'estructuració del model. No obstant, s'ofereixen certs mecanismes de modificació d'aquests comportaments mitjançant alineacions o modificacions del perímetre aparent, sempre dins d'unes regles del joc ben establertes.

Pel que fa a la resta de característiques de les famílies de sistema, passa quelcom similar, el ventall de possibilitats topològiques està ben definit (com ara les regles de descripció de les capes d'un mur o les del grafisme d'una cota) tot i que sí que hi ha llibertat en la inclusió d'informació no geomètrica.

Una família de sistema molt particular és la de les escales. La seva generació és molt més complexa ja que s'ha d'ajustar a molts paràmetres així que s'ha establert en una família de sistema. En molts casos la seva generació és suficientment correcta, però hi ha molts aspectes que han de millorar, com per exemple, la seva nul·la interacció amb els forjats. Aquest tipus d'element sempre ha donat força maldecaps a les aplicacions BIM ja que fàcilment es donen situacions en les que, si be els graons són fàcils de definir, no ho és en absolut la llosa o els perfils que els sustenten. És per això que resulta incomprensible la impossibilitat de modelar les escales com a famílies in-situ (veure més endavant), ja que obriria la possibilitat de modelar l'escala manualment o importar-la des d'una altra aplicació. El mateix passa amb les baranes, element molt lligat, per cert, a les escales i que precisament dóna força problemes quan s'hi vincula.

· Famílies de component

La resta de famílies, les que no són de sistema, són elements paramètrics formats per sòlids i entitats lineals que es generen fora del projecte per tal d'inserir-los en ell o en qualsevol altre. De fet, l'arxiu que les conté té una extensió diferent a la dels arxius dels projectes. Les eines que permeten la seva formació són sempre les mateixes, ja que una de les particularitats de Revit és que tots els elements paramètrics es generen de la mateixa manera i no estan restringits a formes concretes. El que diferencia el comportament d'un objecte en relació a un

altre no és la seva forma sinó la categoria a la qual pertany. Per exemple, podem fer una finestra amb forma de cadira, però seguirà essent una finestra a efectes del seu comportament en el projecte.

Per a controlar aquesta circumstància, sempre es parteix d'una plantilla determinada en la que, a banda d'existir els elements bàsics de referència per a l'objecte en qüestió, fixa la seva categoria. Per exemple, si escollim una plantilla per a la creació d'una porta per a inserir en un mur, la plantilla contindrà els plans de referència necessaris i un mur de suport per a poder observar el comportament de les diferents peces que la compondran. En canvi, si escollim una porta per a inserir en un mur cortina, apareixeran altres elements de referència. En realitat, sempre es pot canviar la categoria d'una família però això implica la creació de noves subcategories en la família i l'eliminació de les anteriors, de tal manera que els objectes modelats fins llavors queden sense subcategoria assignada.

El tema de les subcategories és important, ja que hem de recordar que cada peça d'una família es situa en una subcategoria (l'equivalent a una subcapa), per tal que després es pugui controlar millor la seva visualització gràfica. Si es perd l'assignació a una subcategoria, les seves propietats passaran a dependre de la configuració de la categoria general de la família.

Un cop carregada la plantilla, es comencen a generar les peces que conformaran l'objecte família. Les peces es generen principalment a través de sòlids els quals són definits a través de perfils d'esbós. Els sòlids es poden combinar amb operacions booleanes d'adició i de subtracció però no d'intersecció. Cada sòlid pot vincular-se geomètricament als paràmetres i a les restriccions que es desitgin, ja sigui emprant les seves cares com a elements de referència o les línies dels seus esbossos generadors. També es poden incloure en l'objecte entitats lineals i textos per afegir informació a les representacions. No obstant, es troba a faltar la possibilitat d'incloure directament qualsevol element bidimensional, ja que només estan disponibles a les famílies de la categoria de "Detalls", mentre que aquesta mena d'entitats serà útil a tota mena de famílies. Per exemple, no podem fer quelcom tan senzill com crear una trama per a les vistes en planta d'un moble sense haver de modelar-lo i assignar-li un material amb trama.

Un cop generada cada peça, s'escull en quina mena de situacions seran visibles (en vistes 3D, plantes, alçats i seccions, o vistes seccionades) i a quin nivell de detall (alt, mitjà o baix).

Des del moment en que es comencen a incloure els primers paràmetres, ja es poden començar a crear els "tipus" de cada família. Els tipus són variacions d'un mateix patró aconseguits a través de la modificació dels paràmetres establers i desats amb un nom. Per exemple, podríem crear una porta amb un disseny concret, el marc de la qual s'adaptés automàticament al gruix del mur on s'insereix (restricció) i amb els paràmetres d'amplada i alçada. Llavors, podríem crear els tipus "80x200", "90x200", "100x200", etc. Les portes de "80" sempre serien del mateix tipus, encara que s'adaptessin a diferents gruixos de mur.

Per altra banda, les famílies permeten l'ús de famílies anidades, és a dir la inserció d'una família (de la mateixa categoria o no) dintre d'una alta. Com que un cop situada en un projecte, només es tindrà accés als paràmetres de la família amfitrió, s'han de crear relacions entre els paràmetres de les famílies anidades i els de la família receptora.

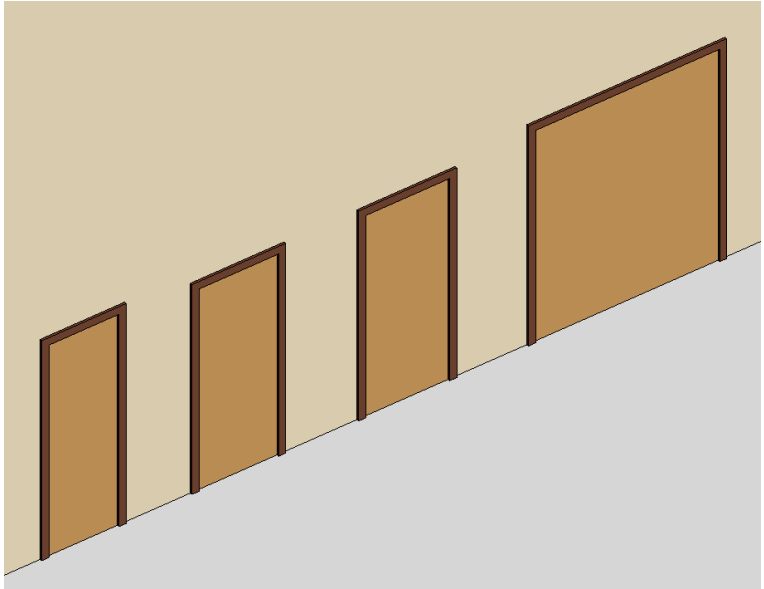


Fig. 4.31 Diferents tipus d'una mateixa familia de porta

Ja des del projecte, només s'ha de buscar l'arxiu que conté la família i inserir-lo. Com que cada família té intrínsecament assignada una categoria, el programa sap perfectament de quina mena d'objecte es tracta i com s'ha de relacionar amb la resta d'objectes del projecte. La família queda inclosa en el projecte, de tal manera que no cal disposar de l'arxiu extern de la família per a carregar-lo. Per altra bada, es pot editar una família des del mateix projecte on s'insereix. S'obra llavors la família quedant oberta la possibilitat de guardar-la com a arxiu extern.

· **Famílies in-situ**

A banda de la creació de famílies de sistema, amb condicions geomètriques i paramètriques predefinides, i de famílies de components, creades com a components externs, es poden crear famílies in-situ. És a dir, famílies creades en el mateix projecte i per al seu ús. Aquesta mena de famílies poden posseir paràmetres i restriccions com la resta, però no admeten la creació de tipus, la qual cosa resulta incomprensible. De fet són molt apropiades per a crear famílies de sistema amb geometries especials o altres categories que s'hagin d'encaixar en una geometria definida per diversos elements alhora. També és una via ràpida per a la creació d'objectes, tot i que, de ser emprat de manera massiva, es desaprofitaria el potencial paramètric de l'aplicació.

A l'igual que en les famílies de components, la creació de famílies de sistema com in-situ permet l'ús de subcategories que més tard permetran controlar la visualització dels seus components. També tenen la interessant qualitat de poder unir-se amb algunes de les famílies de sistema. Per exemple, podem crear parets in-situ que, unides a unes de sistema, ajudin a modificar el seu aspecte.

Fig. 4.32. Família in-situ de mobiliari

4.5.5 FAMILIES DE REFERENCIA, AMFITRIONES, ALLOTJADES I NIADES

Si be segons el grau de personalització podem distingir entre els tres tipus anteriors, hi ha un segon nivell de classificació que depèn del grau de dependència de les famílies. Això permet fer realitat una de les prestacions principals del modelat paramètric, la de controlar molts elements a través de l'edició d'uns pocs. En el nivell més alt d'aquesta jerarquia tenim les famílies de referència (nivells, plans de referència, etc), les quals acullen les amfitriones (tancaments) que al seu torn poden incloure d'altres d'allotjades que, al seu torn, poden estar compostes internament per altres famílies (niades)

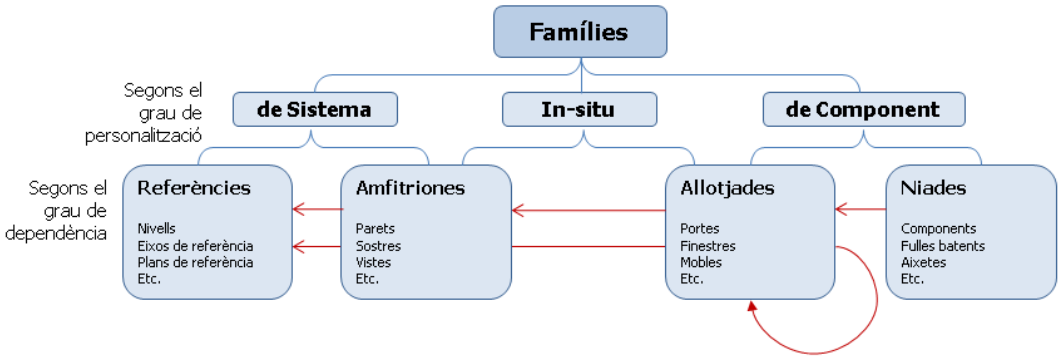


Fig. 4.33. Classificació de les famílies segons el seu grau de personalització i la seva dependència.

Això permet arrossegar amb el desplaçament d'un simple eix de referència tots les entitats que hi pengin. És una altra bona raó per a que els objectes de major jerarquia siguin de sistema, ja que d'aquesta manera es garanteix que les regles que regiran el seu comportament seran limitades i podran ser seguides per a la resta d'objectes que en depenen.

· Famílies de referència

Es tracta de famílies destinades a establir un context espacial per a la resta d'objectes. Són els plans de referència, els nivells, els eixos de replanteig i les restriccions. En definitiva, tots ells

controlen en referència a quin pla del model s'ancoren els objectes o les seves parts. En el capítol que explica l'organització espacial ja s'han descrit aquests elements, però pel que fa al tema de les famílies, caldria comentar que aquesta mena d'objectes, són de sistema i que, per tant, no admeten tipus i sempre són exemplars únics, ja que cal que la referència espacial que representen també ho sigui.

· Famílies amfitriones i allotjades

Les famílies amfitriones són aquelles destinades a servir de suport a famílies de components. Totes són de sistema i, per tant, romanen dintre del projecte tot i que es poden exportar a altres projectes. Es generen a través de la transformació de tipus preexistents, ja que només hi ha una família per a cada categoria d'element de sistema. Cada família de sistema té les seves pròpies possibilitats de parametrització. En els murs, forjats, sostres i cobertes es poden definir les capes que els conformen (nucli i altres capes d'aire, impermeabilització, substrat o acabat), però depenent de l'element, es poden definir altres paràmetres específics per a cada categoria. La seva generació en el model varia segons la seva naturalesa. Els murs, per exemple, es generen bàsicament a través del traçat d'entitats lineals. En canvi, els forjats es tracen a través del seu perímetre.

Les famílies allotjades en canvi, són famílies completament personalitzables creades com a objectes independents que es situen en relació de les famílies amfitriones. Una finestra, per exemple, és una família allotjada en un mur que en fa d'amfitrió. La definició de la pròpia família allotjada inclou quins amfitriones ha de buscar. D'aquesta manera, es pot crear un moble que s'hagi d'allotjar a un nivell de referència o a una cara de qualsevol objecte. Així, pot donar la circumstància que una família allotjada sigui, al seu torn, l'amfitriona d'una altra, tot i que no és molt usual.

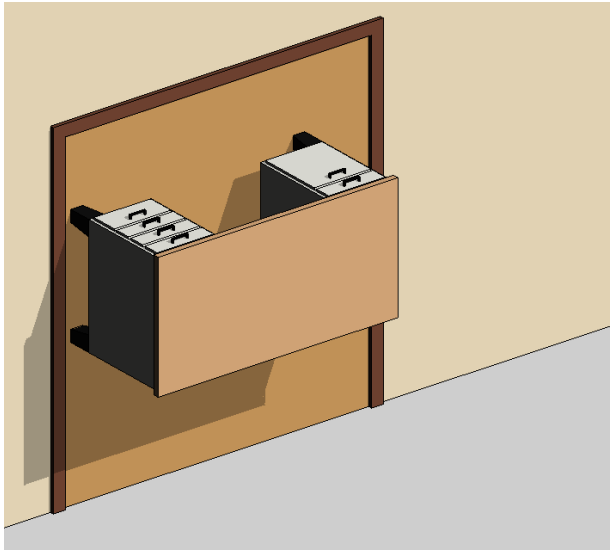


Fig. 4.34. Família allotjada (escriptori) en una altra allotjada (porta) en una amfitriona (paret)

· Famílies receptores i niades

Una família pot inserir-se en un altra per tal de crear una de més complexa sense complicar-ne el disseny paramètric. Per exemple, podem tenir una finestra en la qual cada fulla sigui una altra família amb un complex disseny de marqueteria. Si ho féssim tot en una mateixa família potser el grau de complexitat paramètrica seria massa elevat. En canvi, si, per una banda, creem una família en la que definim el marc, l'ampit i demés elements generals de l'obertura i per l'altra, la fulla batent amb els seus muntants, podrem dissenyar-los per separat i després inserir-la en el marc.

Per a que això sigui possible, s'ha de donar una transformació de paràmetres. En l'exemple anterior, l'ample i l'alçada del full hauran de coincidir amb l'ample i l'alçada del forat que deixa el marc de l'obertura. O la meitat de l'ample i l'alçada en el cas de ser una finestra de dues fulles, és clar. Com que un cop creada la família receptora, només podrem accedir als seus paràmetres, haurem d'establir la relació entre els paràmetres principals de la família anidada i els de l'hoste A la pràctica, això resulta francament senzill i és d'una gran potencia, ja que, a banda de simplificar el disseny, permet la reutilització de fragments dels objectes en més d'una família. Naturalment, la proliferació de paràmetres en una família i la seva anidació alenteixen l'aplicació, però tot és qüestió de no excedir-se.

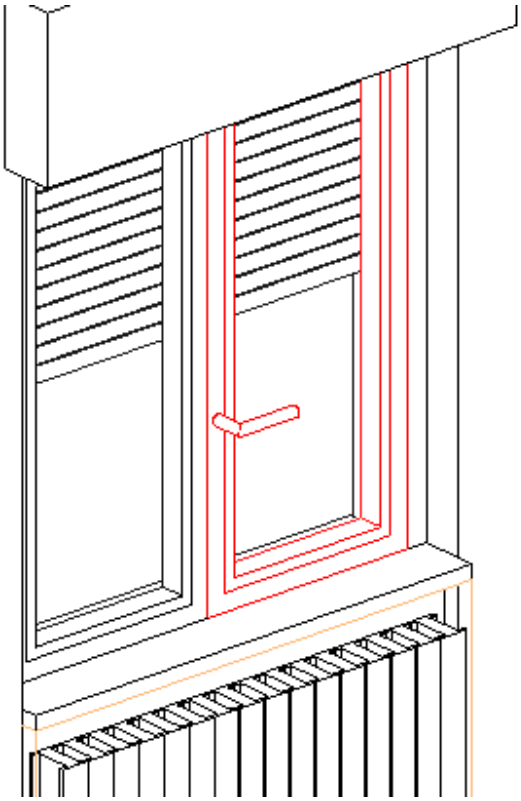


Fig. 4.35. Família de fulla batent anidada en una família de finestra. El radiador també està compost per mòduls que s'afegeixen o sostrauen depenent de l'amplada de l'obertura.

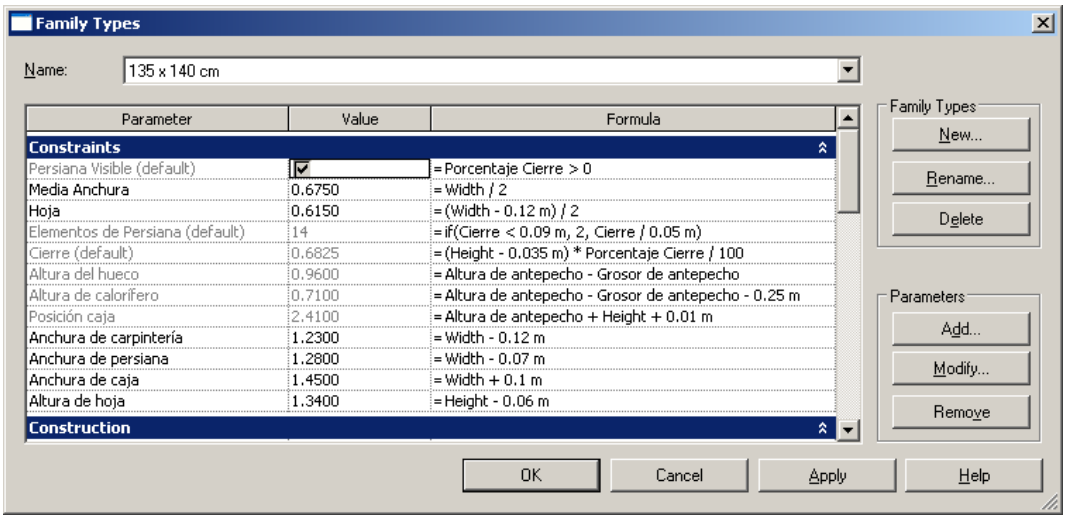


Fig. 4.36. Associativitat de paràmetres mitjançant fórmules. Es troba a faltar un assistent que ajudi a captar paràmetres d'altres famílies, ja que s'han d'introduir manualment.

4.5.6 FAMÍLIES SEGONS LA SEVA FUNCIÓ

Les famílies de Revit poden desenvolupar diverses funcions. En relació amb això, tenim cinc grans grups, les famílies de model, les de referència, les de vista, les d'anotació i les de delineació. Les dues últimes tenen la particularitat de només ser mostrades en les vistes des de les que es van crear.

· Famílies de model

Es tracta d'aquells objectes que representen elements físics de l'edifici, com ara tancaments, fusteries o mobiliari. Alhora representen el suport de la majoria de la informació del model, ja que la majoria d'aspectes que cal conèixer d'un projecte tenen a veure amb algun dels seus components. N'hi ha de sistema i de component.

· Famílies de referència

Com ja hem dit, aquesta mena de famílies estableixen un context espacial per a la resta d'objectes. Per tant, permeten controlar espacialment la resta d'objectes, ja que tots en depenen, directa o indirectament, de la posició d'elles. Totes són de sistema.

· Famílies de vista

Les vistes en sí també són famílies de sistema preconfigurades. Es poden crear variacions de cada mena d'elles en les quals es canvien una sèrie de paràmetres. De fet, la configuració de la visualització de cada vista és una part d'aquests paràmetres, així com la resta de valors personalitzables. Precisen també l'ús de famílies de components d'anotació per a mostrar-se en altres vistes. També totes són de sistema ja que les seves prestacions estan absolutament definides segons el seu tipus. No obstant, al igual que la resta de famílies, permeten la incrustació d'informació complementària.

· Famílies d'anotació

Les famílies d'anotació serveixen per a afegir informació en forma de text o símbol al model. La majoria d'ells només poden aparèixer en vistes estàtiques (plantes, seccions i alçats). Dintre d'aquest grup s'inclouen els textos, les cotes, els símbols i les etiquetes. Aquests dos últims funcionen com a famílies de component, ja que es creen de la mateixa manera, i, a banda d'alguns elements de dibuix, inclouen sovint objectes destinats a mostrar algun paràmetre de l'exemplar al que es vinculen. Per exemple, la família d'una etiqueta que serveixi per a mostrar el nom d'un tipus de fusteria, contindrà les línies que dibuixen el marc de l'anotació i un objecte que mostrarà el paràmetre "Type Mark" de l'exemplar al qual s'hi vinculi posteriorment. La resta de famílies d'anotació són de sistema, i, per tant, els paràmetres que les defineixen són limitats.

Una altra característica important, és que les seves dimensions es mantenen independentment de l'escala, de tal manera que sempre resultaran llegibles un cop impreses.

Finalment, cal indicar també que les indicacions que apareixen per a identificar les seccions, alçats i nivells també són famílies de component i com a tals, es poden personalitzar com la resta. També ho són altres elements més subtils, com les fletxes de les cotes.

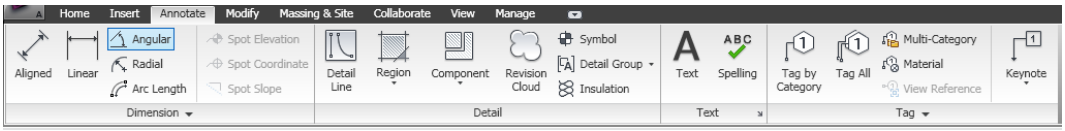


Fig. 4.37. Ribbon d'accés a les famílies d'anotació i de delineació

· Famílies de delineació

Es tracta de famílies que només poden ser inserides en vistes no dinàmiques i que pertanyen a cadascuna d'elles. N'hi ha de sistema (com les línies o els perímetres tramats) i de component, que serien petits dibuixos paramètrics a emprar per a la realització de detalls constructius o completar la informació d'una vista del model

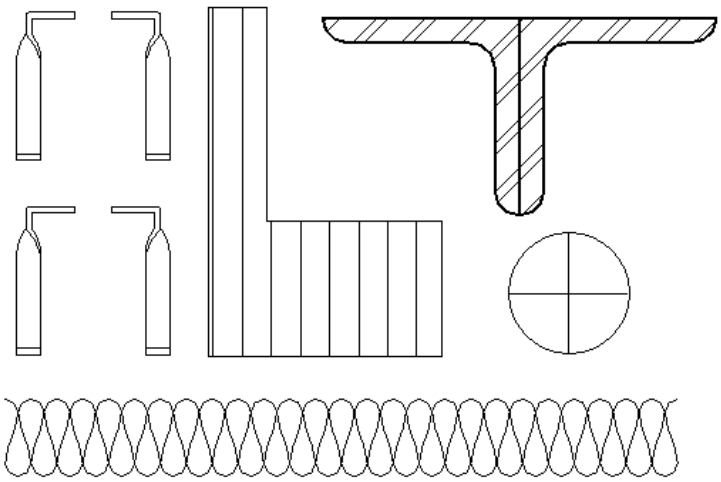


Fig. 4.38. Famílies de delineació. Revit les anomena "*Detail families*".

4.5.7 FAMÍLIES DE MASSA

Es tracta d'una mena de famílies de sistema especial destinada a crear volums sòlids per al disseny conceptual. Es poden crear com a famílies in-situ o de component i es modelen amb les mateixes eines de sòlids que la resta. També es poden importar geometries d'altres aplicacions per a fer-los servir d'elements de massa, sempre i quan s'insereixin en una família d'aquesta categoria

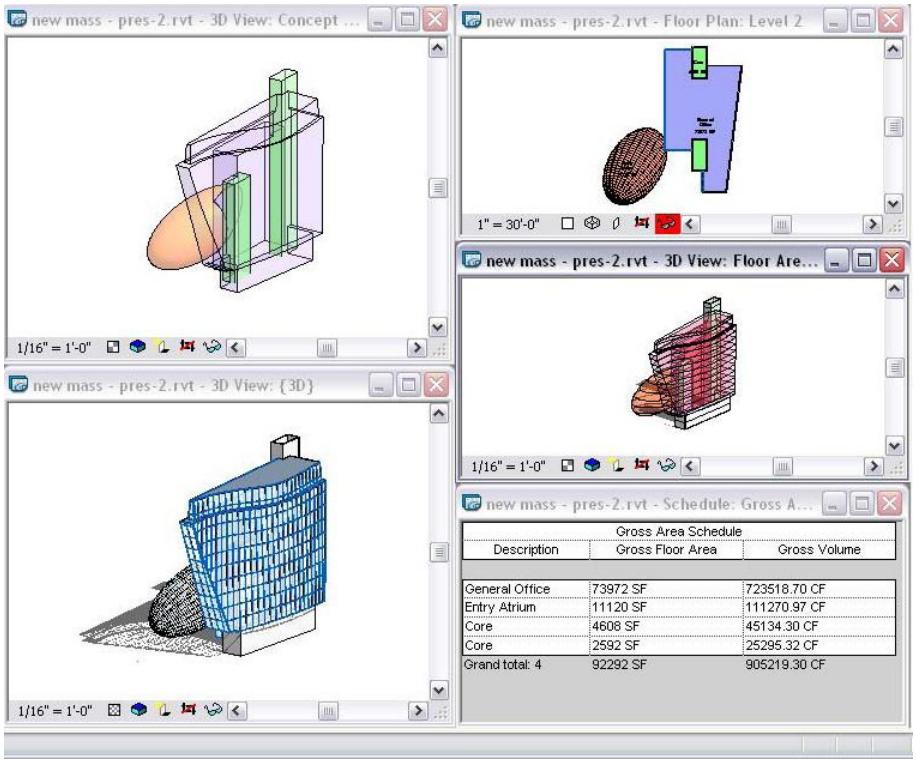


Fig. 4.39. Famílies de massa emprades en fases primerenques del disseny i aprofitades més tard com a suport per a paraments i forjats.

Un cop generades les volumetries, el seu potencial resideix en el fet que les seves cares es poden associar a parets, murs cortina i a sostres. Per a assignar-hi forjats, en canvi, primer s'han de crear seccions horitzontals en les masses corresponents als nivells que es desitgi cobrir amb forjats. El millor d'aquesta eina és que, a banda de permetre passar d'un model conceptual a un de més concret, manté la vinculació geomètrica entre la massa i els elements que s'hi han acoblat, de tal manera que, si es canvia la massa, no facin també, si així es desitja, els objectes associats.

Les famílies de massa de Revit són una categoria especial d'objectes que podríem qualificar de model però també de referència, al poder associar-hi tancaments. Per altra banda, no funcionen com la resta de famílies, ja que s'hi poden desar tipus.

4.5.8 FAMÍLIES DE TERRITORI

Les famílies de territori són famílies de sistema destinades a modelar l'entorn topogràfic del projecte. Curiosament, són les úniques famílies que es componen de superfícies, ja que la resta

sempre estan formades per sòlids o elements bidimensionals. Per a conformar el terreny disposa de varies eines, poc sofisticades però prou útils. Unes estan pensades per a formar-lo en el seu estat inicial, tot introduint punts o corbes o llegint fitxers de punts provinents d'un topogràfic i les altres per a modificar-lo, tot creant plataformes i talussos d'ajust entre l'estat inicial i final. No es tracta d'eines precises que permetin especificar angles de desmunt o calcular vials. Per a tal cosa, cal posseir prèviament un topogràfic acurat on totes aquestes operacions ja s'hagin fet, però sí que serveix per a fer-se'n una idea inicial i poder treballar.

Us aspecte remarcable és que el terreny, tot i estar modelat com una superfície, es mostra com si fos massís quan es secciona, tot ocultant les parts del model que es trobin darrera. Un altre exemple de la diferència entre representació i model.

Curiosament, també disposa d'una mena de components específics per a dibuixar les places d'aparcament, eina aparentment molt útil, ja que ajusta la família als pendents del terreny, però com que són planes, només funcionaran bé si es col·loquen sobre un pla.

4.5.9 FAMÍLIES DE CAMBRA

Són famílies de sistema destinades a mesurar i afegir paràmetres als espais que delimiten tancaments. Es poden configurar per a que només tinguin en compte els espais des d'una certa alçària lliure. Les famílies de cambra són més sofisticades perquè poden mesurar volums i es numeren correlativament de forma automàtica. També inclouen informació sobre l'ocupació i els acabats de l'espai, per tal de poder-los gestionar separadament (molt adequat per a oficines). També existeixen famílies d'àrea que s'han de crear en vistes especials anomenades d'àrea, que no són més que plantes on s'han de dibuixar els contorns que delimiten les zones a mesurar. En les cambres, en canvi, la delimitació es fa automàticament tenint en compte els tancaments i uns elements especials que es poden col·locar per a establir separacions virtuals entre espais. No obstant, els plànols d'àrees ofereixen un control més segur del que s'està mesurant.

Els objectes en sí es mostren com a una aspa i una àrea acolorida quan es seleccionen, però per a que siguin visibles s'hi ha d'assignar una etiqueta de cambra o d'àrea que mostri algun del seus paràmetres, com ara el nom i els metres quadrats, per exemple.

A les plantes on hi hagi famílies de cambra o d'àrea s'hi poden incloure una llegenda que mostrin una determinada informació amb ajuda d'un esquema de colors, de tal manera que, per exemple, es mostrin acolorides les cambres segons el seu nom o el rang de metres quadrats lliures.

En definitiva, aquesta mena d'objectes són molt valuosos per a la gestió de l'edifici ja que permeten extreure'n tota mena d'informació relacionada amb la seva explotació. Aquest és un dels aspectes als que tracta de donar resposta la tecnologia BIM, de manera homònima a com ho fa el GIS en topografia.

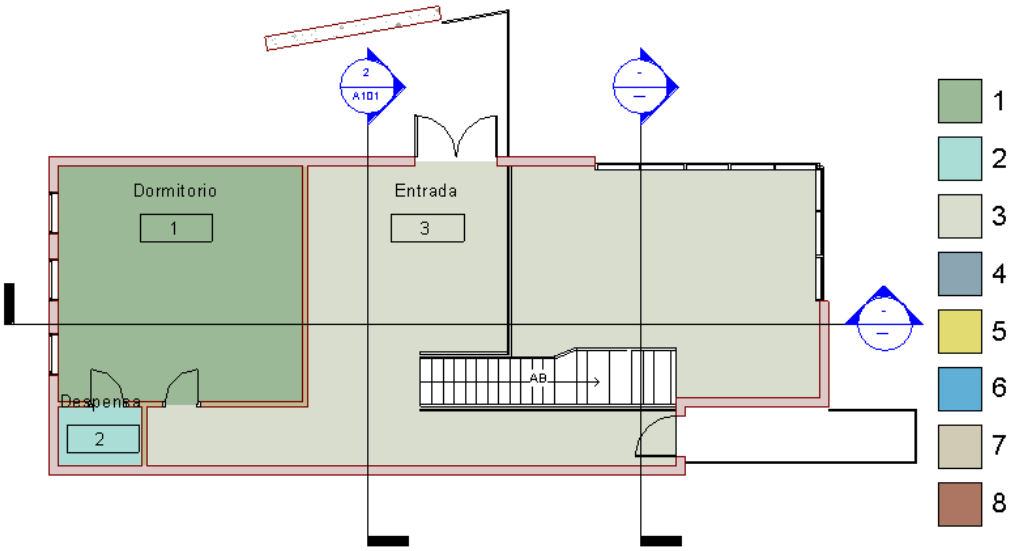


Fig. 4.40. Planta mostrant cambres que a més estan representades segons un codi de colors escollit

4.5.10 FAMÍLIES D'ALTRES DISCIPLINES

Revit és un sistema multidisciplinar. La versió que ha servit de base per a l'anàlisi de l'aplicació s'ocupa de la disciplina arquitectònica, però hem de recordar que actualment n'hi ha dues més: Revit MEP, per al treball amb instal·lacions, i Revit Structure, per al desenvolupament de l'estructura. El funcionament d'aquestes aplicacions és idèntic a l'anterior, però, a banda del catàleg d'eines arquitectòniques, disposa d'eines per al disseny d'elements de cada especialitat. En realitat el motor és exactament el mateix, només canvia la interface i les biblioteques disponibles. No existeix una versió que pugui treballar amb totes tres alhora, ja que suposo que es considera improbable que una mateixa persona hagi de manipular en una mateixa sessió la informació de tan diversa naturalesa.

Revit Structure permet dissenyar amb cura tots els elements estructurals, més enllà dels bàsics que permet introduir Revit Building. A banda dels elements resistents, també s'inclouen les càrregues (que òbviament actuen també com a objectes) i altra mena d'elements. La intenció no és calcular-ne l'estructura, sinó modelar la informació estructural de l'edifici per tal que una altra aplicació pugui llegir-la i efectuar-ne el càlcul. Actualment el software anomenat Robot ja és capaç de fer-ho, però qualsevol altra podria fer-ho, com ara Cype o Tricalc. Per la seva banda, Revit Systems s'especialitza en elements d'instal·lacions i té la mateixa orientació i potencial que l'anterior.

El gran avantatge és que tots treballen sobre el mateix model, fet que és un avanç del que pot arribar a ser en un futur l'univers BIM, ja que, a banda del poder o no concertar-se amb la base de dades del model, Revit disposa d'una API de programació que permet incloure pluguins en el mateix motor de l'aplicació, per tal de permetre que software de tercers pugui treballar directament sobre la interface d'alguna versió de Revit.

De tota manera Revit Architecture disposa d'una sèrie d'objectes que permeten definir els elements estructurals més enllà dels relacionats amb els tancaments. Es tracta sobretot de

fonaments, pilars, bigues, tornapuntes i sistemes de bigues. També hi apareixen altres categories, com murs estructurals i forjats, però en realitat es tracta dels mateixos objectes que ja s'han vist. Simplement porten associada la característica de ser portants.

Totes aquestes noves famílies són de components, excepte els sistemes de bigues. Estan formats per perfils, que sempre estan dissenyats de tal manera que siguin extensibles. Els pilars es lliguen a nivells, mentre que la resta ho fan a traçats que s'indiquen amb dos punts. Internament, els primers són simples sòlids extruïts que més tard es poden vinculats a nivells del projecte, mentre que els segons solen ser més complexos. Normalment, són sòlids extruïts amb els seus extrems lligats a un paràmetre de longitud que es pot variar per a cada exemplar, però es poden crear perfils tal complexes com es vulgui, com ara bigues espacials. Cada família de perfil, normalment contindrà diversos tipus corresponents a diferents mides normalitzades, en les que sempre s'hi inclouran paràmetres amb els seus valors resistents per tal que els programes de càlcul hi puguin treballar. Per exemple, una sola família de perfils IPE pot contenir tot el promptuari. Intel·ligentment, Revit permet incloure un fitxer de text en el mateix directori on es guarda la família, on es poden escriure els valors dels paràmetres de cada tipus, de tal manera que es carreguin al inserir la família en el projecte. Si se n'ha de crear un gran nombre, aquest sistema és més còmode i fiable que fer-ho manualment.

També la seva representació és peculiar, ja que tots els elements d'aquesta mena tenen una representació lineal associada, per al nivell de detall baix, que consisteix en una línia, tot i que es pot definir qualsevol tipus de representació per a la visió esquemàtica de l'estructura.

4.4.11 IMPORTACIÓ D'OBJECTES D'ALTRES APLICACIONS

Una altra manera de crear objectes és importar-los d'altres aplicacions. Revit accepta fitxers en format DWG, DXF, DGN, SAT i SKP (SketchUP). Quan s'insereixen directament en el projecte, es fa dins d'una categoria especial de les famílies de sistema anomenada "Imported Symbol". El control de la visualització dels objectes es fa des del mateix quadre que la resta, però té un panell dedicat on apareix una categoria per a cada arxiu inserit i on les subcategories corresponen a cadascuna de les capes que conté el model importat. Si l'arxiu ha estat inserit dins d'una altra família, totes les capes apareixen juntes sota una categoria comú anomenada "Imports in Families", la qual cosa és una mica desconcertant. Trobo que seria més apropiat buscar una manera de poder conservar la classificació per nom d'arxiu. Per exemple, es podria tenir una pestanya per a objectes importats directes i una altra per als importants en famílies, o millor, incloure l'arxiu i les seves capes en la configuració de cada categoria de família on està inserit.

Per altra banda quan un arxiu és importat directament, actua com un objecte independent amb nul·la interacció amb la resta de famílies de Revit. De fet, fins i tot no pot ésser seccionat pels plans de les vistes de planta i secció. Si volem que interactuï com un objecte més, l'hem d'incloure dins d'una família que pugui ser seccionada (ja que no totes ho són), ja sigui in-situ o de component. De tota manera, s'ha de dir que els resultats d'aquesta interacció sovint no són prou bons i el control de la visualització dels seus materials té un funcionament erràtic. Aquest és un aspecte que hauria de millorar, ja que la base ja està força ben plantejada i només resta acabar de donar-li coherència i estabilitat. Per altra banda, el fet que no es puguin crear

famílies in-situ d'escales i baranes fa impossible que es pugui substituir una família d'aquesta categoria per un element modelat per una altra aplicació. L'única possibilitat és importar-la en la categoria de models genèrics.

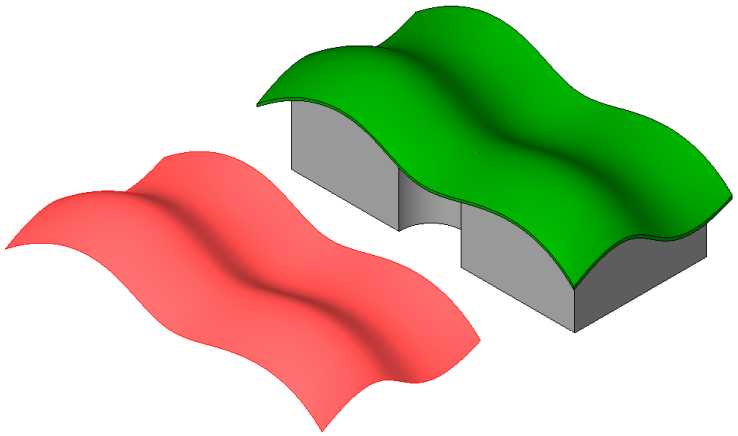


Fig. 4.41.Geometria per a una coberta importada des de Rhinoceros. Posteriorment s'ha emprat per a assignar-hi un objecte forjat i així poder vincular els coronaments dels tancaments a la seva cara inferior.

Una altra qüestió és la de la capacitat d'importació i exportació a través del nou format d'intercanvi d'Autodesk, l'anomenat "*Autodesk Exchange File*". Aquest format permet, per exemple importar famílies paramètriques d'Autodesk Inventor i arxius d'AutoCAD civil 3D.

4.5.12 CONNEXIÓ AMB ALTRES APLICACIONS

Revit ofereix força possibilitats d'aprofitar la informació de la seva base de dades per a altres aplicacions. En primer lloc, hi ha l'API de programació que permet extreure dades del model i realitzar tota mena de cerques. Això ha permès que les eines d'Inmovaya s'hi connectin eficientment o que Navisworks faci generar a Revit l'arxiu necessari per als seus interessos.

Per altra banda, hi ha els diferents formats d'intercanvi d'informació no literal que suporta. El format Adsk permet exportar el model per al seu ús en Inventor i AutoCAD Civil 3D; el gbXML, per a les eines d'anàlisi energètica com Green Building Studio i Ecotect; el FBX, per a ser importat per 3DSMax i el IFC per a la resta dels casos.

No obstant, a dia d'avui la connectivitat amb eines d'àmbit local és inexistent. Mentre ArchiCAD i Allplan exporten IFC per a les aplicacions de Cype, Tricalc o Lider. Els desenvolupadors de Revit només semblen esforçar-se en millorar la connectivitat amb aplicacions i eines d'Autodesk.

De tota manera, Revit pot exportar el model al format de base de dades ODBC (Open Database Connectivity), que conté tota la informació del projecte i que pot ser processada per qualsevol aplicació.

4.5.13 CAPACITATS GEOMÈTRIQUES

Les capacitats geomètriques d'una aplicació BIM destinada al disseny arquitectònic són molt importants perquè han de poder satisfer els anhels creatius dels seus usuaris sense comprometre la coherència del model.

· Traçat d'esbossos (sketch)

Qualsevol creació d'una família de sistema o d'un sòlid per a la conformació d'una peça d'una família de component passa pel traçat d'un esbós que defineixi el perímetre de l'objecte o la primitiva a partir de la qual es generi el sòlid. L'eina de creació d'esbossos és sempre la mateixa tot i que es personalitza segons per l'entitat que ha de servir. En la majoria de casos permet dibuixar línies arcs i cercles, així com seleccionar tancament per a capturar el seu traçat. En d'altres permet la inclusió d'elements especials necessaris per a la definició de la família en qüestió, com ara pendents, perfils d'escombrat, etc.

Un esbós es pot vincular a paràmetres dimensionals o a restriccions, la qual cosa de vegades resulta més còmoda que emprar les cares dels sòlids que formen les famílies, ja que sempre es tracta d'elements bidimensionals en els quals la relació espacial és molt clara.

· Elements bidimensionals

L'univers paramètric dels elements sòlids es trasllada als bidireccionals, ja que es poden crear famílies d'elements plans amb les mateixes característiques que la resta de famílies. Els dibuixos es destinen a completar la informació gràfica de les famílies, però sobretot s'empren en l'elaboració de detalls constructius. Aquesta mena de dibuixos són l'espai que Revit deixa al disseny *representatiu*. Però com a aplicació BIM que és, està orientada a tractar aquests elements com a elements paramètrics contenidors d'altra mena d'informació a banda de la gràfica. De fet, hi ha una categoria de família específica per a aquesta mena d'elements, els elements de detall. Aquestes famílies de famílies poden representar maons, taulells, perfils metàl·lics, etc, als quals se'ls pot afegir informació com ara el fabricant o la descripció de l'element, de tal manera que aparegui automàticament quan se li assigni l'etiqueta corresponent. Els avantatges són els mateixos que la resta de famílies: disseny únic adaptable a diferents situacions i informació vinculada.

Malauradament, també apareixen les mateixes limitacions de caire espacial que en els elements tridimensionals. Revit només pot crear elements en el pla de treball actual, la definició del qual ja s'ha vist que és força rudimentària. Per posar un exemple senzill, per a dibuixar una línea obliqua (per completar un model tridimensional, per exemple), cal prèviament dibuixar un pla de referència en la seva traça horitzontal a no ser que es tingui un altre objecte que en serveixi de referència. En qualsevol cas, crear un element recolzat en una posició obliqua no és sovint una operació immediata, cosa que ens fa enyorar els sistemes convencionals d'orientació del pla de treball (tres punts, perpendicular a corba (o aresta), etc.

· Elements tridimensionals

La versió actual de Revit distingeix entre dos entorns de modelat geomètric diferents. El primer i aplicable al context del modelat del projecte i de les famílies en general, està basat en l'ús d'elements volumètrics sòlids amb un ventall d'operacions de generació limitat (extrusió, transició, revolució, escombrat i escombrat amb transició). El segon i aplicable només al modelat de famílies de massa, obre un ventall molt més ampli cap a les formes lliures.

Les prestacions del primer són suficients per al modelat de quasi qualsevol forma i són l'únic mitjà possible per al modelat de masses i famílies convencionals. Ofereixen un entorn molt controlat per a la parametrització però força ortopèdic si se'l compara amb les eines de modelat actual (incloent AutoCAD). Per exemple, l'ús dels plans de treball és complicat ja que no es mostren a les vistes tridimensionals i tampoc no es disposa d'una interface adequada per al modelat en l'espai tridimensional.

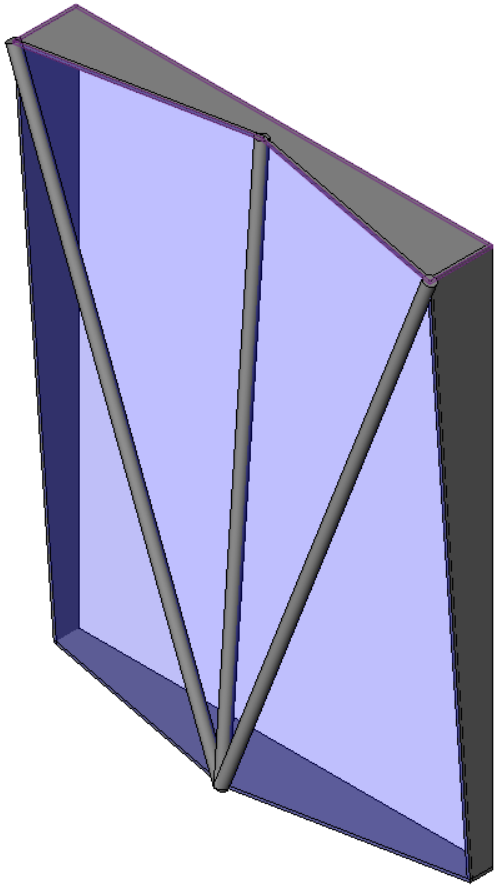


Fig. 4.42.Família de panell de mur cortina totalment paramètric generat a partir d'un sòlid d'envolupant i diversos sòlids adherits a les seves cares (perfileria i vidre)

De tota manera, per a ser justos s'ha de reconèixer que la facilitat amb que es parametritzen els elements i la, en general, bona interacció que tenen amb l'entorn, fa que la importància de les eines de modelat com a tals es vagi reduint en benefici d'altres eines més reflexives, que és el que en realitat està passant en els camp de les eines més especialitzades en l'anàlisi formal.

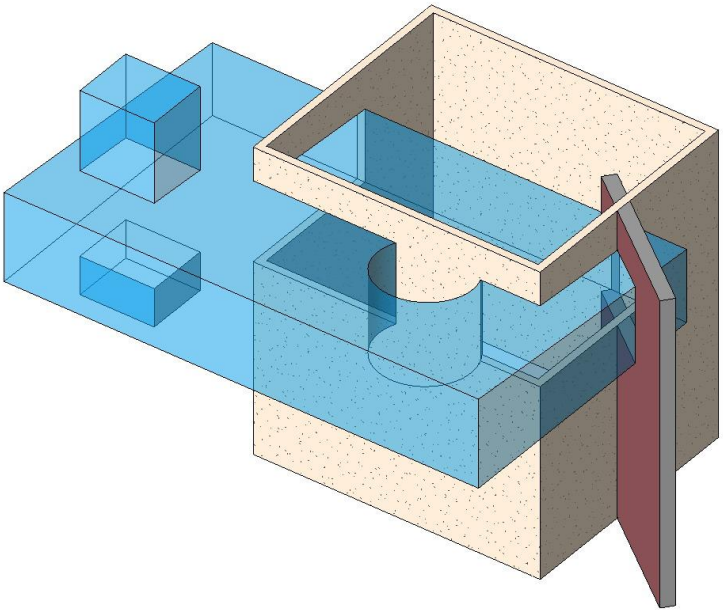


Fig. 4.43. Combinació de tancaments amb forjat modelat in-situ. Quan les geometries s'uneixen, ho fan segons la seva categoria

Aquest panorama comença a canviar quan es modelen masses in-situ. Aquí el ventall és molt més ampli i es poden generar formes a partir d'entitats lineals tridimensionals recolzats en plans de referència o cares d'objecte existents. A més, apareixen pinçaments tridimensionals en les primitives, cosa que permet adaptar la forma d'una manera intuïtiva. Tot això conservant els mecanismes de parametrització dimensional habituals, que en aquest context ofereixen unes possibilitats de control formal molt adequades per al disseny d'edificis.

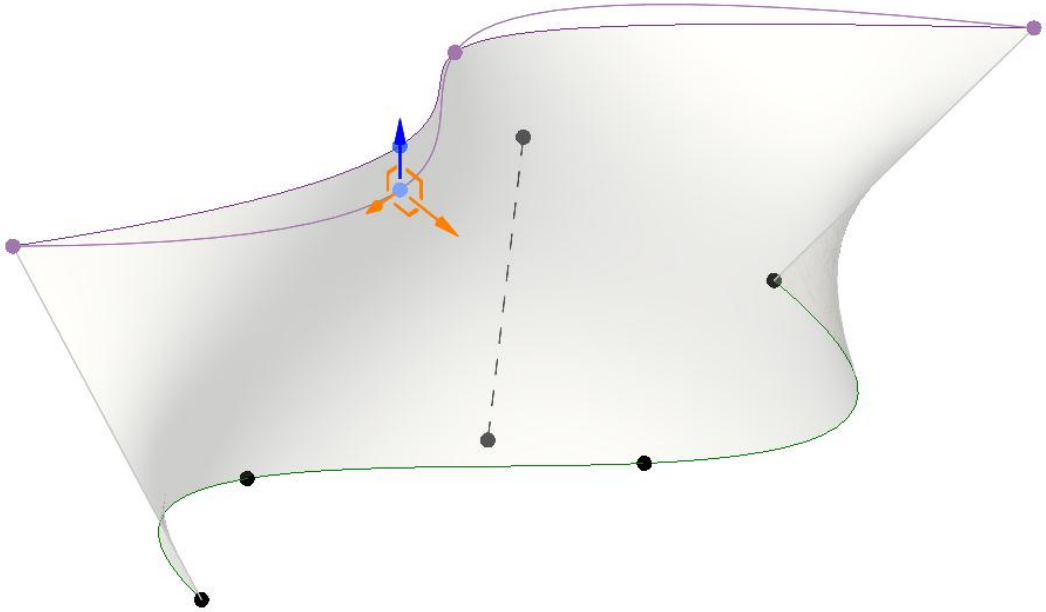


Fig. 4.44. Massa modelada in-situ. Ara les masses poden estar formades per superfícies controlades per entitats lineals tridimensionals i parametritzables, a l'estil del control paramètric de NURBS

Cal recordar que l'objectiu de les masses és, a banda de proporcionar una eina de disseny conceptual, la de servir de suport a les famílies amfitriones de tancament (parets, murs cortina, sostres i cobertes) de tal manera que la forma d'aquests esdevé lliure i controlada a través d'un element subjacent més simple (la massa).

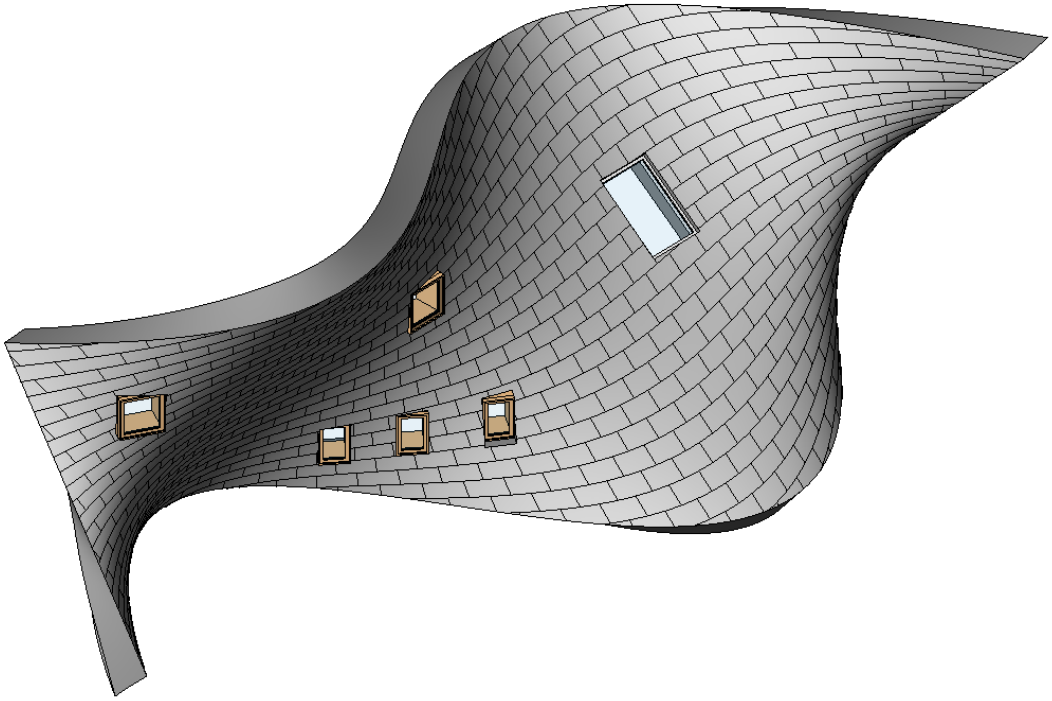


Fig. 4.45. Tancament adossat a la massa anterior. Òbviament, unes obertures estàndard patiran dificultats per acoblar-s'hi. Ni ha una però (la rectangular de la banda dreta), que s'ha creat per a que s'alineï amb la normal de la superfície.

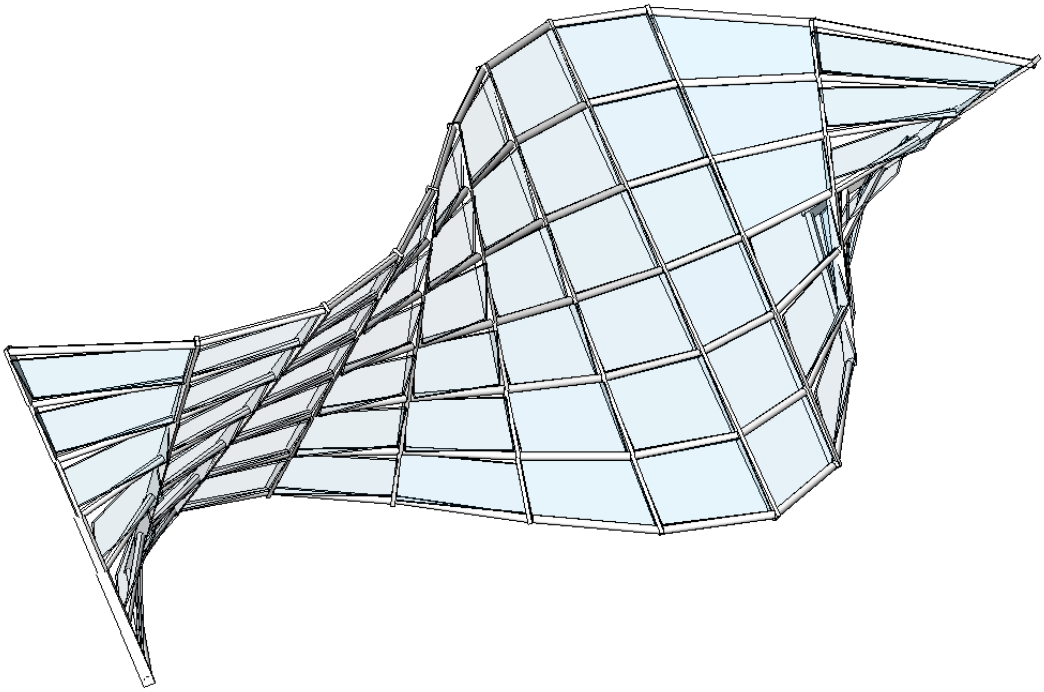


Fig. 4.46. Sistema de mur cortina adherit a la massa. Cada aresta de panelització és personalitzable, així com els panells i els muntants. Aquesta eina permet detectar problemes de compatibilitat geomètrica com els que mostrin els extrems i el centre del tancament.

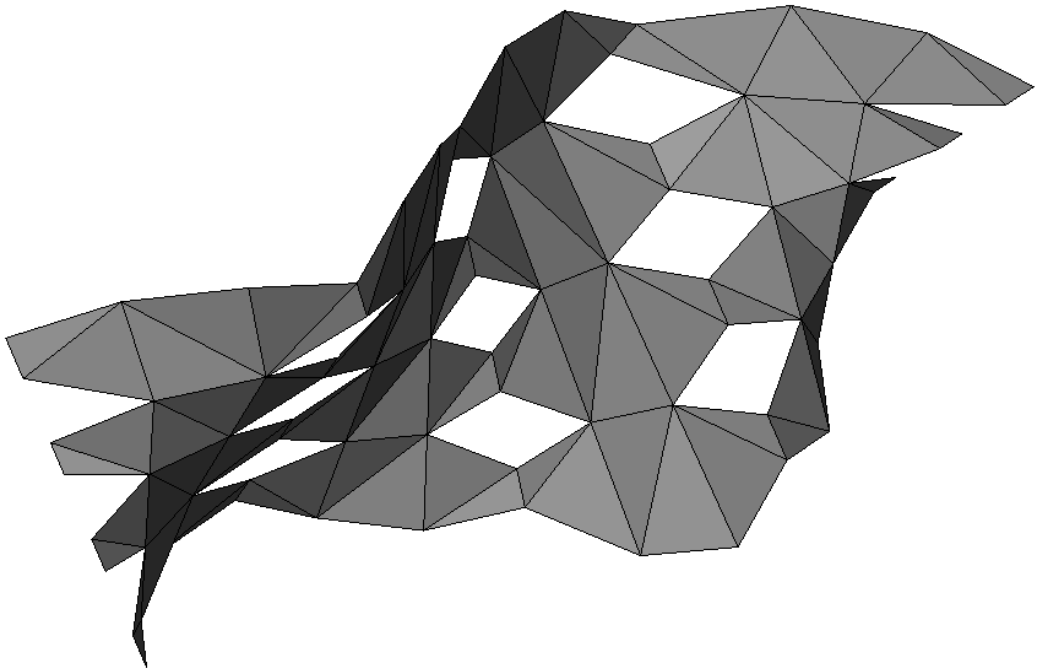


Fig. 4.47. Panelització octogonal aplicada a la massa. Es tracta d'una nova prestació de Revit que permet crear malles amb patrons de tota mena. La tecnologia de murs cortina de Revit esdevé una eina de definició força potent per la flexibilitat que ofereix.

Val a adir que a tecnologia dels murs cortina pot ser emprada per a múltiples usos, fins i tot el modelat d'un sistema estructural sofisticat.

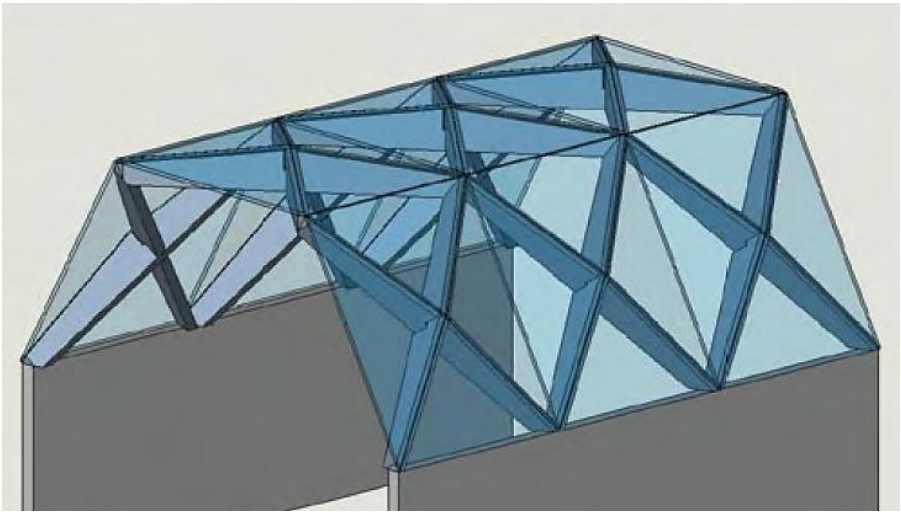


Fig. 4.48. Mur cortina aplicat a un sistema de coberta (Dale, et al., 2008)

Llàstima que la interface de visualització i control tridimensional reservat exclusivament a les famílies de components de massa no s'extrapoli a la resta d'espai de treball tridimensional, ja que compta amb ajudes al modelat que es troben a faltar en la resta, com ara la visualització dels plans de referencia i la seva selecció directa. Desconec les raons per no fer-la extensiva a tota la interface del programa, així que espero que s'implementi en la pròxima versió.

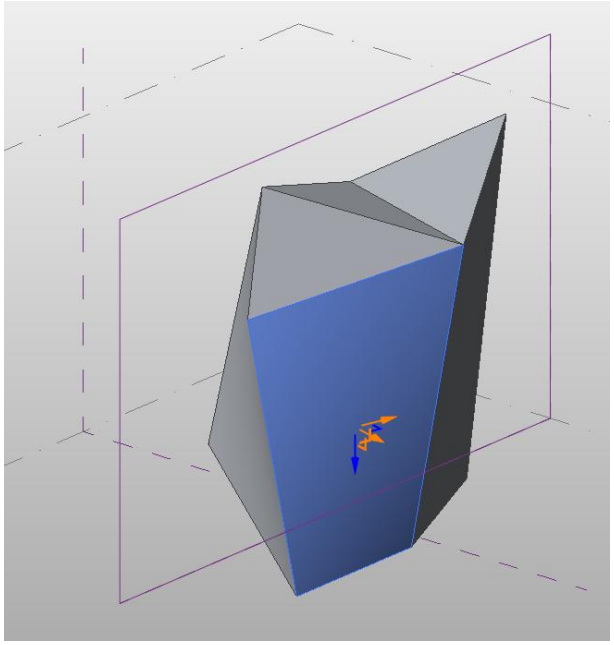


Fig. 4.49. Modelat de massa en l'espai de treball d'una família de massa "conceptual Mass Family)

· Operacions booleanes

Revit no parla mai d'operacions booleanes com a tals, sinó que es refereix a unir i retallar geometries. La primera d'elles, quan s'aplica a sòlids simples, té el mateix efecte que la operació booleana d'unió. Per a fer una sostracció, hem de crear sòlids buits els quals automàticament sostreuen el volum d'aquells sòlids que toquen. Quan s'empra amb famílies de sistema, aquestes s'uneixen segons la seva categoria i jerarquia (veure il·lustració anterior). Si el que volem és operar entre sòlids buits i famílies de sistema, emprarem la segona eina (retallar geometries), que també ens servirà per a embotir parets dintre d'altres.

Aquestes eines sempre conserven les primitives de les booleanes, i de manera molt clara, ja que sempre podem desfer la unió i el retall amb les eines contraries: "Separar Geometria" i "No Tallar".

Aquestes mateixes eines també s'empren, amb la mateixa idea, amb determinades famílies de sistema i de components (bàsicament amb tancaments i elements estructurals). En el cas de la unió, els murs i els forjats s'ajunten respectant la jerarquia de les seves capes. Els nuclis de les famílies s'uneixen amb els nuclis, i els acabats amb els acabats. També s'oculten les cares en contacte de les capes que són del mateix material, si es que són també de la mateixa jerarquia. Com que el concepte d'unir és el mateix, és lògic que s'empri la mateixa eina. Retallar geometries, en canvi, només s'empra per a les famílies del murs, amb l'únic sentit de poder incloure un mur dins d'un altre per poder crear incrustacions, Malauradament, el mur incrustat perfora sempre les dues bandes de la paret hoste, però facilita l'elaboració de panys de tancament complexos.

4.5.14 CAPACITATS PARAMÈTRIQUES

Per a un model d'informació resulta clau la quantitat i qualitat de paràmetres que es poden incloure al projecte, així com la seva accessibilitat i interacció. En aquest apartat es pretén descriure a grans trets els aspectes més importants de sistema paramètric de Revit i no pas detallar el seu funcionament, ja que fóra massa extens i poc adequat per a l'objectiu d'aquesta anàlisi, que és avaluar de forma comparada l'aplicació.

· Tipologies de paràmetres

Cada família de Revit pot assignar a qualsevol objecte una bona varietat d'atributs, entre les que estan Text, Íntegre, Nombre, Longitud, Àrea, Volum, Angle, Moneda o URL. Cadascun d'ells pot transformar-se en un paràmetre al aplicar-hi una fórmula o al fer-lo intervenir en la definició geomètrica d'alguna de les parts d'un objecte.

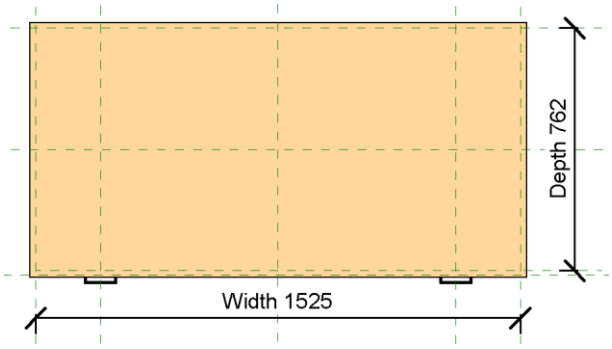


Fig. 4.50. Els atributs "With" i "Depth" han esdevingut paràmetres al relacionar-los amb les mides de la taula.

· Paràmetres de tipus i d'exemplar

En el capítol referent a l'organització espacial s'ha vist com s'estableixen restriccions en forma de cotes, alineacions i bloquejos posicionals. En la creació de famílies és possible afegir un tipus de restricció més, la paramètrica. Quan a una cota, que sempre està referida a objectes determinats, se li assigna una etiqueta, aquesta esdevé un paràmetre de la família, de tal manera que pot ésser modificat mitjançant el quadre de diàleg que configura les característiques de cada tipus. Els valors dels paràmetres poden estar vinculats als tipus d'una família (paràmetre de tipus), de tal manera que, al canviar-lo, el canvi s'atengui a tots els objectes del mateix tipus, o ser únics per a cada exemplar de l'objecte inserit (paràmetre d'exemplar). Quan són d'aquesta mena, es poden editar de manera gràfica mitjançant pinçaments directament des del projecte, però se li assigna un valor per defecte per a cada tipus de la família.

Però no tots els paràmetres són de tipus dimensional lligats a cotes sinó que se'n poden crear d'independents amb valors que poden ser d'altres tipus, des de cadenes de text, materials, nombres enters, etc fins a valors lògics (si/no). Aquests paràmetres independents es poden lligar a valors intrínsecs dels sòlids que componen les famílies, de tal manera que l'alçada del peu d'una làmpada estigui controlat per un paràmetre numèric, el seu material per un altre i la seva visibilitat per un tercer. Així, obtindríem una família de làmpades on cada tipus podria mostrar qualsevol combinació d'aquestes característiques.

Els paràmetres poden estar definits també per fórmules que accepten fins i tot expressions condicionals, de tal manera que, en l'exemple anterior, un element de la làmpada podria ser visible només a partir d'una determinada alçària del seu peu. Això sí, per escriure-les cal recordar el nom exacte de cada paràmetre, ja que no hi ha cap ajuda al respecte.

· Paràmetres de projecte

Els paràmetres de Projecte són similars als anteriors però es creen en el sí d'un projecte en comptes d'una família. També poden ser de diverses menes i s'assignen a una o més categories d'objectes. Serveixen per afegir informació als objectes. Informació que pot emprar-se més tard en taules o mostrar-se en les vistes a través d'elements d'etiquetatge. Malauradament, encara no serveixen per a vincular paramètricament les geometries generals del model, ja que, inexplicablement, a nivell de projecte no es pot assignar un paràmetre a una cota per tal de fer que una altra es modifiqui en relació a la primera.

· Paràmetres compartits

Un paràmetre compartit és aquell que es fa servir en diversos projectes. Revit crea un llistat ordenat per grups en un fitxer de text extern de tal manera que sempre es poden afegir paràmetres a un projecte o família rescatant-los d'aquest llistat. La seva utilitat és molt determinada; es tracta de poder crear famílies on els paràmetres interactuïn d'una família a l'altra. En Revit cada família pot tenir paràmetres amb idèntics noms, però això no significa que el valor hagui de ser idèntic per a les dues, ja que el seu efecte només es propaga en el sí de cada família. Gràcies a això, es poden dissenyar les famílies assignant noms als paràmetres sense haver de preocupar-se de que aquests siguin únics en el món, la qual cosa és molt lògica. És quelcom similar a les variables internes que empra una rutina Lisp.

Així que, si volem que els valors d'uns paràmetres d'una família afectin als d'una altra, hem de disposar d'algun sistema que ens permeti relacionar-los i és precisament el que ofereix l'ús de paràmetres compartits. El seu efecte només es dóna quan ambdues famílies es troben dins d'un mateix projecte. Hi ha un cas típic que no resulta molt evident, el qual es dona en la creació de famílies d'etiquetes. Quan es crea una família d'aquesta mena, si es vol que es mostri en forma de text un paràmetre personalitzat d'una altra hipotètica família inserida en un hipotètic projecte, s'ha de emprar un paràmetre compartit, el mateix que més tard s'inclourà en la família que es vol etiquetar amb aquell valor.

· Accés a la informació

Tots els paràmetres i atributs de Revit poden ser llistats mitjançant vistes alfanumèriques en forma de taula, així com la majoria de les propietats dels objectes. La resta de propietats es poden deduir efectuant càlculs en les pròpies taules.

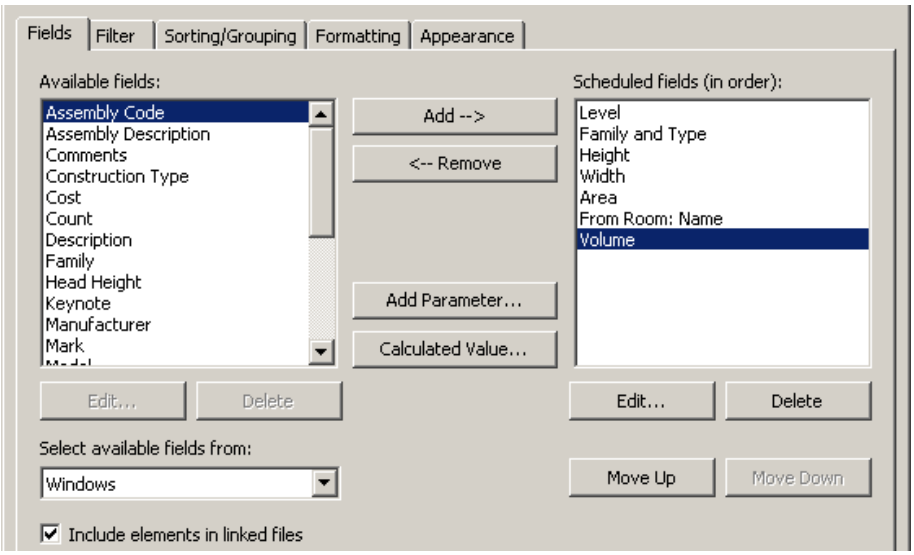


Fig. 4.51. Selecció de paràmetres, atributs o propietats de les famílies de finestra per tal d'elaborar una vista de taula. El valor "Volume" es calcula prenent l'àrea de la finestra i multiplicant-lo per 0.15.

AT - Abaco finestre						
Piano	Tipo	Altezza	Larghezza	Area	Locale nome	Volume
1 - Piano primo	IT_Finestra Filo Muro: 30x370	3.70	0.30	1.11 m²		0.11 m³
: 1				1.11 m²		
0 - Piano terra	IT_Finestra Filo Muro: 120x27	1.20	2.75	3.30 m²	Bagno	0.33 m³
0 - Piano terra	IT_Finestra Filo Muro: 120x12	1.20	1.20	1.44 m²	Bagno	0.14 m³
Bagno: 2				4.74 m²		
0 - Piano terra	IT_Finestra Filo Muro: 120 x 1	1.20	1.85	2.22 m²	Camera	0.22 m³
0 - Piano terra	IT_Finestra Filo Muro: 120 x 1	1.20	1.85	2.22 m²	Camera	0.22 m³
0 - Piano terra	IT_Finestra Filo Muro: 120 x 1	1.20	1.85	2.22 m²	Camera	0.22 m³
Camera: 3				6.66 m²		
0 - Piano terra	IT_Finestra Filo Muro: 120x12	1.20	1.20	1.44 m²	Ingresso	0.14 m³
Ingresso: 1				1.44 m²		

Fig. 4.52. Vista de taula resultat de la configuració anterior..

Per tal de simplificar la generació d'aquestes taules, Revit disposa de cinc eines especialitzades en la creació de cinc menes de llistes diferents; de propietats generals dels objectes, de materials, de vistes, de notes i de plànols. La seva interface és la mateixa.

Window Material Takeoff			
Level	Family and Type	Material: Name	Material: Cost
0 - Piano terra			
0 - Piano terra	IT_Finestra Filo Muro: 120 x 185	Vetro	25.00
0 - Piano terra	IT_Finestra Filo Muro: 120 x 185	Davanzale	35.00
0 - Piano terra	IT_Finestra Filo Muro: 120 x 185	LegnoAbete	40.00
0 - Piano terra	IT_Finestra Filo Muro: 120 x 185	Vetro	25.00
0 - Piano terra	IT_Finestra Filo Muro: 120 x 185	Davanzale	35.00
0 - Piano terra	IT_Finestra Filo Muro: 120 x 185	LegnoAbete	40.00
0 - Piano terra	IT_Finestra Filo Muro: 120 x 185	Vetro	25.00
0 - Piano terra	IT_Finestra Filo Muro: 120 x 185	Davanzale	35.00
0 - Piano terra	IT_Finestra Filo Muro: 120 x 185	LegnoAbete	40.00

Fig. 4.53. Llistat de materials de les finestres anteriors. El cost s'ha introduït des d'aquesta mateixa vista.

Tota taula pot ser exportada en format text delimitat, que al seu torn pot ser importat automàticament per altres aplicacions. No obstant, la manera més efectiva d'accedir a la informació per a la seva anàlisi és via API, la qual pot llegir les propietats dels objectes directament o emprar taules ja creades. Les possibilitats d'aquesta eina són molt potents, ja que es poden programar rutines que extreguin informació d'objectes de molt diversa naturalesa relacionats entre ells per algun aspecte, com per exemple estar situats a una determinada distància del perímetre d'una cambra.

Una altra manera d'accedir a la informació és crear vistes de llegenda, en les quals es combinen vistes gràfiques dels objectes amb informació sobre les seves propietats. En aquest aspecte cal recordar la importància que tenen les keynotes de Revit, les quals permeten vincular objectes o components dels mateixos a codis d'una base de dades independent en format text, cosa que facilita molt la inclusió d'informació de tota mena als objectes

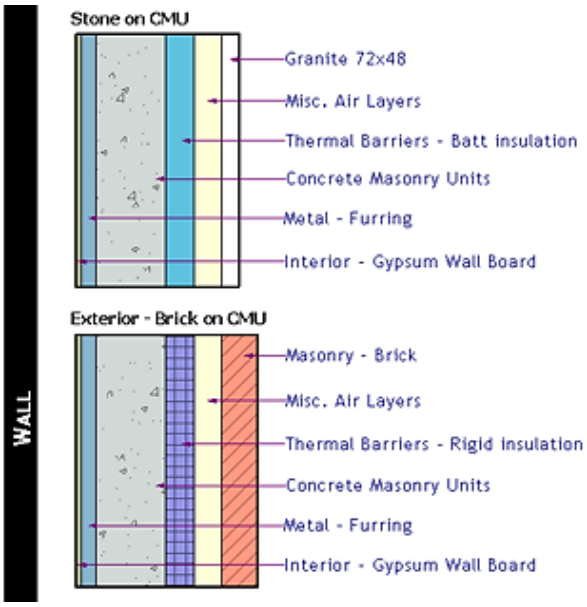


Fig. 4.54. Llegenda de tipus de mur mostrant la descripció de les seves capes continguda en un arxiu de Keynotes

Finalments i no menys importants és la capacitat de Revit de mostrar etiquetes contenit qualsevol propietat del model. Es tracta de famílies de component que llegeixen propietats determinades d'altres famílies del model global.

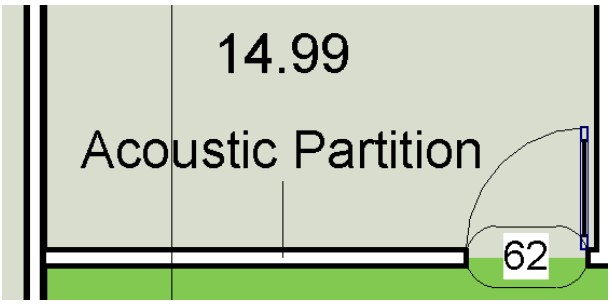


Fig. 4.55. Etiquetes mostrant els metres quadrats d'una cambra, la descripció d'un envà i el número de porta .

4.5.15 CONCLUSIONS

Tot el sistema d'organització del model segons categories de família està en general molt ben plantejat. La idea de que qualsevol element es genera amb les mateixes eines i només s'especialitza en tant i en quant pertany a una categoria, és molt bon plantejament. De tota manera, al principi pot resultar complicat entendre la base del funcionament i les limitacions de cada categoria, doncs pot semblar que no és possible fer algunes coses que sí són possibles. La causa d'això és que la documentació del programa està prou elaborada, ja que està molt mancada d'exemples, i les plantilles existents per a la creació de noves famílies no reflecteixen totes les possibilitats. Cal experimentar.

El que resulta força incomprensible és la impossibilitat de crear famílies de sistema com a famílies de components. Es poden crear famílies in-situ, amb prestacions similars, un cop en el projecte. Tot i així, segueix quedant un gran buit en les famílies d'escales i baranes on, si falla la generació automàtica, no hi ha més sortida que saltar-se tots els esquemes i modelar-la en una altra categoria.

Afortunadament, les famílies de sistema funcionen suficientment bé, tot i que encara els hi falta molta feina per fer en quan a interacció i possibilitats d'execució. En canvi, la resta de components gaudeixen d'unes possibilitats infinites al ser complertament lliures. Mentre que en altres aplicacions cal programar, en Revit es possible fer-ho tot de manera gràfica. Òbviament, es podria anar més lluny però el que ja es té és prou admirable.

4.6 PUNTS CLAU DE L'APLICACIÓ

Quan s'analitza un producte per a considerar la conveniència del seu ús, és important acabar l'estudi amb una certa idea de quins són els aspectes que la fan realment interessants i quins altres no estan ben resolts. Aquest capítol prova de donar-ne un resum, sempre tenint en ment l'estat de l'art d'aquesta tecnologia.

4.6.1 PUNTS FORTS

Sempre és més fàcil enumerar els defecte o els aspectes que no funcionin correctament d'una aplicació que pensar en les seves virtuts i després sintetitzar aquestes en uns pocs aspectes que permetin perfilar l'estil de l'aplicació en relació a altres de similars. No es tracta doncs d'enumerar als avantatges del BIM en general, ja que això ja ha estat objecte d'un altre capítol, sinó indicar aspectes que el fan especialment interessant dins l'àmbit.

· Aplicació BIM nativa

Revit és una aplicació que va néixer com a aplicació orientada a objectes, per tant, la seva estructura interna és molt coherent i això es nota tant el l'ús de l'aplicació com en les seves prestacions.

· Capacitats per al disseny paramètric

Sens dubte es la seva millor qualitat i a la que deu l'èxit obtingut. És la primera d'una possible saga d'aplicacions per al disseny paramètric d'objectes arquitectònics. Segur que es podrien millorar molts aspectes, però el sistema actual funciona i és únic.

· Facilitat d'us

La coherència abans comentada es reflexa en la facilitat d'ús de l'aplicació. En comparació a d'altres aplicacions, la claredat de la interface és admirable. Per altra banda, hi ha poques funcions a aprendre ja que les mateixes operacions es duen a terme amb les mateixes eines, encara que s'actuï en objectes de diferents menes.

· Qualitat de la representació lineal

La representació del model en totes les vistes és molt neta i precisa. La representació tridimensional també, sobretot quan es secciona per la caixa de secció. Al principi, el fons blanc de l'àrea de treball resulta xocant quan es ve d'aplicacions on es fa servir el gris o el negre, però després s'entén que, donat que el color dels objectes ja no es decisiu per a discriminar-los, aquest color és el més adequat per a treballar a través de representacions del model. Per altra banda, hi ha bons detalls com la difusió de les trames en relació a la distància de visualització o el càlcul d'ombres projectades.

· Motor gràfic d'alt rendiment

El sistema de visualització ha millorat molt en aquesta versió al emprar Direct3D i existir la versió de 64bits. La velocitat de refresc en operacions com zoom o enquadraments transparents, és a dir aquells que es realitzen mentre es realitza una acció, és ara elevada.

· Múltiples opcions de visualització

El control de la visualització de cada vista és excel·lent. A banda de tot el sistema de control per categories, hi ha tot un seguit de possibilitats de sobreescriptura dels paràmetres gràfics per elements o per filtrat de característiques.

· Immediatesa en la transmissió dels canvis

Potser fa que el maneig del software sigui de vegades una mica lent, però el fet que tots els canvis es transmetin immediatament, fa que el treball amb els objectes sigui molt natural. Hom entén de seguida que està manipulant el mateix objecte i això és alhora gratificant i didàctic. Naturalment, tot té un preu i el motor gràfic se'n ressent, però d'aquí a un parell d'anys ja no serà així.

· Suport dels usuaris

Aquesta aplicació ha aconseguit crear una notable cantera d'usuaris que són força actius en la publicació de blogs i en la participació en fòrums. Això indica que, per una raó o l'altra, l'aplicació agrada a qui la fa servir i, per altra banda, dóna confiança als nous usuaris perquè perceben que podran trobar suport un cop treballin amb ella.

· Funcionament en mode visor

Revit funciona de forma gratuïta com a visor i exportador del model arquitectònic, de tal forma que és una excel·lent eina de col·laboració amb altres professionals i de transmissió d'idees a terceres persones. Qualsevol usuari, instal·lant una aplicació que ocupa uns tres cents megabytes, podrà accedir a tota la documentació continguda en la base de dades de Revit, la qual recordem que pot ser multidisciplinar, amb un còmode navegador de projecte i amb eines tan expressives com les caixes de retall de les vistes dinàmiques.

Per altra banda, també exporta en format DWF; aquest, accessible a través d'un senzill visor de manera local i a Internet, pot contenir dibuixos bidimensionals i objectes tridimensionals oferint a l'usuari control sobre la seva visualització. El format 3D d'Adobe és molt més sofisticat, però requereix el seu software per a crear-lo i molts més coneixements.

· Eines per al disseny conceptual

Les famílies de massa i les eines associades de vinculació de famílies hostes fan realitat el concepte de disseny conceptual a través d'una eina de CAD. El modelat d'aquest sòlids no es tan directe d'altres aplicacions exemplars però el sistema de pinçaments que incorpora i les booleanes amb conservació de primitives fan que sigui una eina realment creativa. Si no,

sempre es pot modelar amb Sketch-up i inserir directament el model dins d'una família de massa de Revit i emprar-la amb la mateixa facilitat per a crear les bases de l'edifici.

· Integració d'eines de múltiples disciplines

Sobre la plataforma de Revit ja hi ha tres mòduls que cobreixen les tres disciplines més importants que abasten el disseny arquitectònic, la construcció, les instal·lacions i l'estructura, amb la qual cosa la idea d'un BIM multidisciplinar és una realitat. Però per altra banda ofereix molta compatibilitat amb altres productes del major fabricant de software per al disseny. Per exemple, la exportació en DWF 2D i 3D és perfectament compatible amb Autodesk Design Review, el qual pot llegir les anotacions de revisió de Revit, de tal manera que és molt senzill auditar els canvis d'un projecte a peu d'obra. També és d'esperar una futura millora en la integració amb les aplicacions de renderitzat. De fet, la futura versió 2011 serà molt compatible amb 3DStudio Max i Google Earth.

4.6.2 PUNTS DÈBILS

Aquest apartat no tracta d'enumerar tots els errors i limitacions concrets de l'aplicació ja que seria massa extens; només tracta d'enumerar aquelles limitacions que són significatives, ja sigui per ser importants o per ser habituals d'aquesta mena d'aplicacions, però sempre amb la perspectiva de poder comparar-les amb la resta d'aplicacions que s'estudiaràn, Així, quan s'analitzi la resta, es podrà veure si aquestes també pateixen aquests problemes.

· Traçat de murs poc flexible

No es poden crear murs de sistema amb un traçat que inclogui el·lipses ni splines, la qual cosa pot resultar força molesta. Sí que es pot crear una massa amb aquesta geometria i vincular-hi un mur, però no te gaire sentit i a més dificulta la interacció amb altres elements. Per altra banda, sí que es poden generen forjats amb aquest contorn, així que aquesta limitació resulta encara més incoherent.

· Unió de famílies i elements

La unió entre elements hauria de ser més automàtica. Es cert que sovint es pregunta si es volen unir murs a forjats quan se'n crea un, però es difícil saber a quins elements es refereix. De fet, segurament seria millor que els elements susceptibles de ser units ho fessin automàticament al entrar en contacte i que hi hagués una eina que permetés desenganxar un element d'un altre. És clar que llavors el procés seria més lent, però estic segur que seria més convenient.

· Definició rudimentària del pla de treball

No es pot definir el pla de treball mitjançant tres punts. En general, el control posicional a través d'eines manuals és força rudimentari. Els mecanismes dels que es disposa són simples i molt apropiats per als usuaris que vénen d'aplicacions de dibuix bidimensional. Però els que

estiguin avesats en el modelat tridimensional trobaran a faltar multitud. eines de control del pla de treball.

· Manca Visualització dels plans de referència en vistes dinàmiques

No es poden definir ni visualitzar els plans de referència en vistes tridimensionals. Però sí que es poden visualitzar prèvia selecció d'una llista. Si es poguessin visualitzar tots en 3D seria mes clara la seva posició tridimensional. Actualment s'han de llegir en dièdric i és una llàstima, ja que Revit ja és capaç de mostrar-los tridimensionalment, però només l'actiu. Això ja pasa en l'entorn especial de modelat de famílies conceptuals, però encara no s'ha estès aquesta funcionalitat a l'espai de treball del projecte.

· Falta d'elements de detall en vistes dinàmiques

No es poden dibuixar elements de detall, com ara contorns reblerts, en vistes axonomètriques, la qual cosa impedeix modificar les vistes com en el pla de la vista, cosa que si que es pot fer amb la resta de vistes. Un vista 3D pot variar la seva orientació de manera molt senzilla i amb això invalidar tot el que haguem dibuixat a sobre, però es poden trobar mecanismes de bloqueig d'aquestes. Com a workaround, es poden crear vistes obliqües de secció de les que s'obtindrien vistes axonomètriques.

· Falta d'elements de detall en la creació de famílies

En la creació de famílies que no són de detall, es troba a faltar la possibilitat de dibuixar elements de detall com ara les regions tramades. Això impedeix la millora de les visualitzacions no 3D, Per exemple, no es poden agregar superfícies tramades a la planta d'un moble per a ocultar el material del paviment sobre el que està. Naturalment, es pot agregar un component de detall i vincular-lo, a la geometria del model, però es realment incòmode.

· Impossibilitat de crear famílies in-situ d'escales i baranes

No es poden crear famílies in-situ d'escales ni de baranes. Fet força incòmode. Tampoc existeix la possibilitat de crear una família de component d'aquesta mena, quan en canvi seria viable fer-ho. De fet, la pròpia llibreria d'objectes de Revit incorpora escales mecàniques paramètriques, les quals s'han hagut de crear sota la categoria de models genèrics.

· Limitacions a l'hora d'unir geometries anidades a masses

El programa no pot unir la geometria de famílies de sistema que estan vinculades a geometries no verticals d'una massa. És una llàstima, perquè el sistema d'anidació funciona prou bé i el fet que algunes funcions hi deixen de funcionar es poc justificable, encara que comprensible.

· Manca de visualització de les interseccions entre cossos

La visualització en 3D és força bona però apart d'una manca de rendiment molt evident té una mancança importat. Es tracta de la inexistència d'un mode de visualització de línies ocultes que calculi les interseccions entre geometries, a l'estil de l'opció "vsinteresectionedges" d'AutoCAD.

D'aquesta manera s'evitaria que dos elements que, per la raó que sigui, no es poden unir, es visualitzessin correctament i no es perdés la unió aparent entre l'un i l'altre. Aquest petit truc evitaria, per exemple, defectes en la visualització de murs que penetren en terrenys o en forjats que arriben cap a murs amb geometries vinculades a masses complexes amb els que no es possible una unió. També evitaria que el dissenyador s'hagués d'entretenir en unir elements per tal que es visualitzin correctament. Encara que l'objectiu d'un BIM és descriure l'estructura i naturalesa dels elements constructius, aquesta prestació (que es pogués activar o no segons la necessitat) seria útil per a detectar conflictes en les interseccions dels components; producte perfectament reclamable a un BIM.

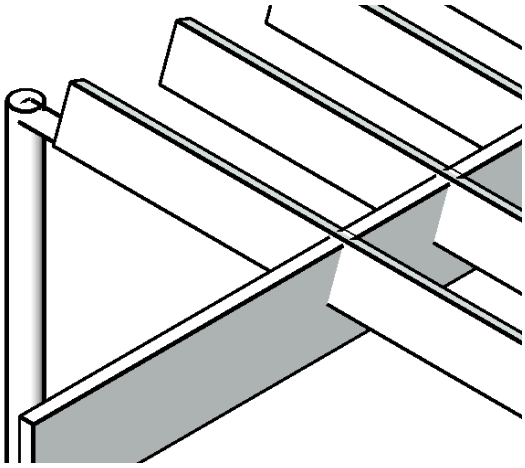


Fig. 4.56. La manca de representació d'interseccions entre elements obliga a unir les geometries de tots els elements si es vol que apareguin, fet que pot resultar contraproduent.

· Molt poques opcions en la definició de materials seccionats en nivell de detall baix

En les famílies de sistema, a banda de poder definir el tramat de secció en el nivell de detall baix, s'hauria de poder definir el color de fons. Ja que en cas contrari, empra el valor del material de l'estil de la categoria corresponent. Fóra millor poder definir un material per al nivell baix, ja que així, cada família es podria representar de maneres diferents en el nivell baix de detall. Això seria molt útil en vistes esquemàtiques.

Una mancança similar es detecta en les opcions de visualització per a la vista actual, no fóra millor que es pogués sobreescriure el material per a cada categoria?.

· Poques opcions en la definició de materials seccionats i projectats en tots els nivells de detall

La definició de material podria incloure un color de superfície per al mode de visualització de línies ocultes, Això permetria acolorir alguns elements en vistes que no ho fossin completament. Simplement, a banda del color de "Shading" s'hauria d'afegir un de "Hidden Line". De la mateixa manera, tampoc estaria malament disposar d'un color de material en secció "Cutting", ja que actualment és el del "Shading".

· Incapacitat per a mostrar elements en projecció posterior

Revit no és capaç de mostrar elements en projecció posterior, excepte en el cas de les escales. S'han de dibuixar línies i vincular la seva alineació als elements projectats. S'hauria de trobar un mètode per a controlar aquesta recurs de la representació arquitectònica.

· Impossibilitat d'emprar l'eina "Linework" a nivell de família

La eina "*Linework*" és d'una gran utilitat perquè permet canvia el valor de línea de les representacions del model a nivell de les vistes, però no es pot emprar en la definició d'una família de component per tal que els seus efectes es desin a l'objecte i siguin permanents.

· Manca de paràmetres dimensionals a nivell de projecte

Si les cotes d'elements dintre d'un projecte es poguessin vincular a paràmetres, es podria jugar amb la geometria de l'edifici i crear parts paramètriques de l'edifici. Això es pot fer en la creació de famílies, però seria molt interessant que es pogués aplicar aquest concepte a distribucions, nivells, etc.

· Pocs formats d'importació i exportació

Generalment, aquesta mena d'aplicacions no són molt capaces a l'hora d'exportar el model en formats de tercers. Revit és especialment restrictiu. Només admet l'exportació en format DWG, DGN, SAT i IFC. Res d'aplicacions de modelat. Amb la importació la cosa no millora gaire, només s'afegeixen els formats d'imatge i el format de Sketch-Up

· Unitats universals per a tot el projecte

La configuració de les unitats d'entrada és universal per a tot el projecte. Afortunadament, les mides es poden introduir en qualsevol unitat sempre que es segueixi de l'abreviació corresponent. No obstant, l'ideal seria que cada vista tingués les seves pròpies unitats, ja que, a banda d'afectar a la introducció de dades, ho fa en la visualització de les cotes i a Espanya és habitual acotar amb unitats diferents els detalls constructius que les distribucions. Una alternativa, òbviament, fóra la de dotar d'aquesta opció a les famílies de cotes.

· Manca d'una eina per a la mesura directa entre dos punts en vistes dinàmiques

L'eina *"Tape Measure"* no pot treballar en vistes dinàmiques. Absurd. Afortunadament, les cotes sí que es poden implantar en aquesta mena de vistes, però cal disposar el pla de treball en la posició adequada, cosa que, per altra banda, recordem que només es pot fer en vistes ortogonals.

· Dificultats per a identificar els implicats en una restricció

Quan es selecciona una restricció i es consulten els objectes relacionats, si que es mostren els implicats, però no quina de les cares és l'afectada en el cas de ser elements volumètriics.

Caldria que es ressaltessin clarament els ancoratges de les restriccions quan aquestes es seleccionen.

· Els complements necessiten desenvolupament

L'aplicació de renderitzat, per exemple, és de qualitat molt inferior a la que ofereixen els seus competidors. Els objectes per al tractament del terreny es troben en un estat molt primari, no hi gaire connexions amb programes d'amidaments que funcionin adequadament, etc.

· Documentació de mediocre qualitat

Si bé la documentació ha millorat molt respecte a versions anteriors, encara queda molta feina per fer. Hi falten moltes il·lustracions que ajudin a comprendre els processos a seguir per a dur a terme una operació i, el que és més important, documentació que expliqui el fons del funcionament de Revit. Sovint sol passar que els manuals són més tutorials que una altra cosa. Això pot ser més o menys tolerable en una aplicació de CAD senzilla, però en una com aquesta, resulta enutjós que el propi usuari hagi de descobrir els secrets del seu funcionament.

No obstant, sembla que Autodesk està fent un esforç en aquest sentit. Amb els tutorials es pot arribar a aprendre a emprar l'aplicació, sempre i quan es sigui crític i curiós. També ha preparat una sèrie de material curricular per a la docència, la qual cosa resulta molt intel·ligent, ja que el canvi de mentalitat que implica l'ús d'aplicacions BIM ha de començar abans de l'etapa professional.

· Biblioteca d'objectes extensa però poc desenvolupada

Tota aplicació BIM depèn de la seva biblioteca d'objectes paramètrics i la de Revit és força extensa. El problema és que, al estar classificada per localitzacions, resulta difícil administrar-la si no es fa una recopilació pròpia. Per altra banda, tot i que toquen molts apartats, de vegades resulten poc variades en cadascun d'ells, ja que hi ha poques famílies en cada tema.

No obstant, l'avantatge de Revit és precisament que hom pot crear-se la pròpia biblioteca d'elements amb total llibertat i de manera senzilla, la qual cosa és essencial. També és cert que no es pot pretendre migrar cap a la tecnologia BIM sense tenir clar que s'haurà de dominar prou l'aplicació com per crear objectes personalitzats. El que passa és que sempre va bé tenir una referència d'objectes ja creada que serveixi com a suport per a futurs desenvolupaments. Per aquesta raó, i no per poder fer-la servir directament, la llibreria de l'aplicació hauria de ser molt completa i, en la meva opinió, amb molts més components senzills, ja que sovint estan exageradament detallats.

· Localització poc acurada

La biblioteca espanyola és força diferent a la versió anglesa, en quan al nom de les famílies i, en alguns casos, en quan a la seva estructura de carpetes. El problema és que els tutorials es refereixen sovint a elements situats en la biblioteca anglosaxona, la qual cosa demostra una gran despreocupació al respecte. La biblioteca en sí conté objectes interessants, però ho són més per la seva estructura paramètrica que per la seva utilitat pràctica.

La localització més interessant a nivell de llibreria és, sens dubte la britànica i l'australiana, tot i que les famílies sovint no s'ajusten als sistemes constructius espanyols (les obertures són a la banda de fora del tancament, per posar un exemple).

4.6.3 REVIT VERS LA COMPETÈNCIA

Des de la perspectiva local, sembla que el mercat de les aplicacions BIM natives per al disseny arquitectònic se'l reparteixen bàsicament Allplan, ArchiCAD i Revit, però en realitat hi ha altres productes al món que ofereixen solucions BIM. Tampoc no he esmentat expressament Autodesk Architectural Desktop ni Bentley Architecture, perquè ambdues són aplicacions verticals i, de moment, he preferit centrar-me en les natives ja que trobo que són més coherents amb el concepte de modelat integral de l'edifici. No obstant, la suite de Bentley resulta molt interessant ja que es basa també en un mòdul de disseny paramètric, amb la qual cosa està més propera a Revit en aquest aspecte, que les altres i, alhora, la supera en molts altres com el de la visualització.

Restringit l'àmbit del comparatiu, s'haurà de veure si el poder econòmic d'Autodesk permet que la seva aplicació millori per a arribar al nivell de sofisticació de les seves veïnes, més antigues. Si ho fa, serà un producte realment molt interessant, degut al potencial de la seva plataforma i la facilitat d'ús. És clar que les altres tampoc romandran impassibles i, ara que Nemetscheck ha comprat Graphisoft i ja també es propietària de Vectorworks, no crec que tardin a integrar-hi generadors gràfics d'objectes paramètrics (de fet, Archicad ja té una cosa semblant). Per a poder comparar-les, caldrà esperar a tenir una anàlisi d'elles almenys tan exhaustiu com aquest, així que actualment només puc assegurar que el mercat està prou madur com per prendre-s'ho molt seriosament, tant, que quasi estem fent tard.

4.6.4 EXPECTATIVES DE FUTUR

És obvi que la plataforma de Revit segueixi desenvolupant-se amb força els següents anys. Pel que es sap, la pròxima versió millorarà aspectes com la connexió amb 3DStudio MAX o les prestacions de les entitats de cambra, les quals precisen de ser més explotades. Els objectes d'escales i la nova interface basada en *Ribbons* també han estat molt criticats, així que s'haurà de veure què passa amb les pròximes versions. No obstant, Autodesk assegura que alentirà la freqüència d'actualitzacions; esperem que sigui en pro d'un desenvolupament més agosarat que el mostrat en alguns dels seus productes estrella.

El que sí que creix a molta velocitat és la comunitat d'usuaris i la seva presència a Internet. Actualment ja hi ha una multitud de blogs sobre Revit i diversos fòrums on es parla i on es donen solucions i es comenten les vicissituds del seu ús quotidià. A Espanya, tot està en un estat molt incipient, doncs en nombre d'usuaris és molt reduït. Recentment, se n'ha obert un a *http://www.a3d.es/forum* de la mà d'un parell de consultors de Revit. No obstant, Revit té moltes possibilitats d'implementar-se aquí al estar promogut per l'aparell de marketing d'Autodesk. La realitat és que la gran majoria dels arquitectes empren AutoCAD i no s'interessen per altres solucions. Si la competència no s'hi aboca seriosament (Graphisoft sembla que pretén fer-ho) i a la llarga el BIM s'imposa, tots sabem com acabarà la cosa.

4.6.5 CONCLUSIONS

Revit és una aplicació jove amb un plantejament fresc vers al disseny d'elements arquitectònics que combina eines senzilles de modelat paramètric de sòlids amb un eficaç motor BIM. El plantejament general està molt ben aconseguit i ha estat la base del seu èxit, però, si el comparem amb la competència, es posa en evidència certa falta de desenvolupament en àrees concretes. El temps dirà si Autodesk destina els recursos necessaris a fer créixer l'aplicació o no. La resta d'aplicacions estan en mans d'empreses més petites, però que tenen l'avantatge de dedicar-se en exclusiva al món de la construcció i que tenen molts anys d'experiència.

Capítol 5.
ANÀLISI DE GRAPHISOFT ARCHICAD 12

5.1 INTRODUCCIÓ

Com en el capítol anterior, aquest estableix el context de Graphisoft ArchiCAD i de la seva anàlisi.

5.1.1 GRAPHISOFT ARCHICAD COM A APLICACIÓ BIM

ArchiCAD va néixer l'any 1982 i es l'aplicació BIM d'origen més antic (Allplan data del 84), tot i que en els seus primers anys no podia ser considerada com una aplicació BIM pròpiament dita (el terme tampoc existia) sinó que es tractava d'una aplicació de CAD literal amb eines especialitzades en el grafisme d'elements arquitectònics. També és reconeguda com el primer software capaç de treballar simultàniament amb elements 2D i 3D en un ordinador personal (concretament un Macintosh). Des del seu inici comptava amb el que llavors s'anomenava "Objectes intel·ligents", consistents en elements amb cert grau de parametrització. Això el distingia d'AutoCAD, contemporani d'aquest i que començà a incorporar aquesta tecnologia deu anys després amb la versió 2004.

Cronologia d'ArchiCAD, AutoCAD i Revit				
ANY	**ARCHICAD**	**AUTOCAD**		**REVIT**
1982	ArchiCAD 1	AutoCAD 1	(Release 1)	
1983		AutoCAD 1.2	(Release 2)	
1983		AutoCAD 1.3	(Release 3)	
1983		AutoCAD 1.4	(Release 4)	
1984		AutoCAD 2	(Release 5)	
1985		AutoCAD 2.1	(Release 6)	
1986		AutoCAD 2.5	(Release 7)	
1987	ArchiCAD 3.1	AutoCAD 2.6	(Release 8)	
1987		AutoCAD 9	(Release 9)	
1988		AutoCAD 10	(Release 10)	
1990		AutoCAD 11	(Release 11)	
1991	ArchiCAD 4.1			
1992		AutoCAD 12	(Release 12)	
1993	ArchiCAD 4.12			
1994	ArchiCAD 4.5	AutoCAD 13	(Release 13)	
1995	ArchiCAD 4.55			
1996	ArchiCAD 5.0			
1997	ArchiCAD 5.1	AutoCAD 14	(Release 14)	Revit 1 (de Revit Tecnologies)
1998	ArchiCAD 6.0			Revit 2
1999	ArchiCAD 6.5	AutoCAD 2000	(Release 15.0)	Revit 3
2000		AutoCAD 2000i	(Release 15.1)	Revit 4
2001	ArchiCAD 7.0	AutoCAD 2002	(Release 15.6)	
2002	ArchiCAD 8.0			Revit 5 (d'Autodesk)
2003	ArchiCAD 8.1	AutoCAD 2004	(Release 16.0)	Revit 6
2004	ArchiCAD 9	AutoCAD 2005	(Release 16.1)	Revit 7
2000		AutoCAD 2006	(Release 16.2)	Revit Building 8
2006	ArchiCAD 10	AutoCAD 2007	(Release 17.0)	Revit Building 9
2007	ArchiCAD 11	AutoCAD 2008	(Release 17.1)	Revit Architecture 2008
2008	ArchiCAD 12	AutoCAD 2009	(Release 17.2)	Revit Architecture 2009
2009	ArchiCAD 12	AutoCAD 2010	(Release 18)	Revit Architecture 2010

Fig. 5.1. Evolució de es versions de les aplicacions BIM ArchiCAD i Revit en comparació amb la història del software de CAD tradicional AutoCAD. En aquesta taula s'aprecia la joventut de Revit.

ArchiCAD és doncs una aplicació amb una dilatada història que ha anat desenvolupant-se al llarg dels anys millorant-ne la funcionalitat. Es tracta d'una aplicació BIM nativa ja que sempre ha estat pensada per a permetre el treballar amb objectes paramètrics tridimensionals, la representació dels quals corre a càrrec del programa. Com a tot BIM, l'edició del model es fa a

través de qualsevol de les seves representacions, tot i que inicialment només podia ser editat des de representacions en planta o vistes axonomètriques, limitació que ja ha estat subsanada.

Degut a l'antiguitat dels seus orígens, el seu motor no és tant potent com el de Revit, ja que les representacions que s'extreuen del model tridimensional es generen a partir d'ell com a projeccions planes (no en són vistes directes) i el procés d'actualització dels canvis és molt més lent. Aquest és un handicap típic dels softwares amb una llarga història, ja que sovint arrosseguen motors o plantejaments que antigament eren els únics viables, però que actualment es podrien plantejar diferent. No obstant, tal com es veurà després, ArchiCAD gestiona les actualitzacions de les vistes de manera adequada, permetent un bon control d'aquestes operacions per tal de minimitzar l'impacte de l'espera.

Per altra banda, el fet de portar molt anys a l'esquena ha portat a que hi hagi molts aspectes molt cuidats. És el cas, per exemple, de les opcions de configuració de la representació dels objectes o el flexible navegador de projecte.

Des del punt de vista de l'edició dels objectes paramètrics, es basa en una llibreria d'objectes que admeten múltiples variacions però que, si es volen generar de nou, s'han de programar emprant un llenguatge propi, el GDL. Òbviament, hi ha una manera de crear objectes in-situ, amb un cert grau de flexibilitat, però, si el que es vol és un objecte realment paramètric s'ha d'anar per aquesta via. De fet, Revit és l'única aplicació BIM nativa que permet la creació de paràmetres de forma gràfica. Bentley Architecture també té aquesta capacitat, però no és un BIM natiu sinó implementat sobre la base de Microstation.

5.1.2 ENFOCAMENT DE L'ANÀLISI

L'objectiu d'aquesta anàlisi és el mateix que el de l'anterior sobre Autodesk Revit. No es tracta doncs de descriure exhaustivament el funcionament d'aquest software, ja que per a això ja hi ha la documentació tècnica al respecte, sinó comentar amb esperit crític i en detall les seves característiques més representatives, sobretot en relació a Revit i al CAD de representació.

Per alta banda, el fet de ja poder comparar dues aplicacions BIM començarà a donar perspectiva al lector sobre quins són els límits actuals d'aquesta tecnologia i quin és el posicionament estratègic i tecnològic de cada aplicació. L'única manera d'analitzar l'estat de l'art d'una tecnologia és estudiar-ne a fons diversos exponents per tal de poder-ne treure conclusions i, de passada, tenir arguments per a l'elecció d'un d'ells per a la seva implementació en la cadena de producció arquitectònica.

Per tal de poder comparar amb comoditat les dues aplicacions, es seguirà el mateix esquema emprat en l'anterior, ja que són comuns a totes les aplicacions BIM.

· Gestió del projecte

ArchiCAD també empra actualment un fitxer únic que pot contenir tota la informació de l'edifici, tot i que, com es veurà més endavant, no sempre inclou els objectes paramètrics en l'arxiu. Això té els seus avantatges i els seus inconvenients, que seran descrits en aquest capítol.

· Organització espacial

Com a qualsevol aplicació CAD, els objectes es situen a l'espai emprant sistemes de coordenades, amb un estil més semblant al tradicional, tot i que amb unes possibilitats molt limitades. Alhora, de manera idèntica a Revit, l'espai també està organitzat segons nivells horitzontals, els quals fan possible el modelat dels elements en sectors espacials controlats. Igualment, la introducció de dades també s'assembla a la resta de programes, amb un estil similar al de Revit però més acurat.

El que sí que està molt evolucionat és el sistema d'ajuda a la detecció de punts mitjançant traces automàtiques (com les de Revit) o creades in-situ per a resoldre una situació concreta.

· Visualització

Com l'anterior, el model es manipula sobretot a través de vistes gràfiques estàtiques (plantes, seccions i alçats), dinàmiques (axonometries i perspectives) i alfanumèriques, cadascuna de les quals conserva unes característiques de visualització pròpies i que mantenen una vinculació bidireccional amb el model arquitectònica. La diferència principal està, sens dubte, en el motor de propagació de canvis que les relaciona, ja que té un plantejament molt diferent.

Per tal de poder imprimir les vistes existent els plànols, que serveixen per a cridar dibuixos generats a partir de les vistes del model (gràfiques o no) i conpondre-les en una làmina. És el mateix que en Revit, però el plantejament en quan a la literalitat entre el que es mostra en el plànol i les vistes que conté es molt diferent. També es parlarà de les eines de publicació, ja que Archicad, amb bon criteri, considera que és el mateix imprimir un plànol que generar-ne un PDF o exportar-lo a un altre format, així que en reserva una sèrie de recursos força interessants.

Per altra banda, el control de la visualització es més tradicional ja que està basat en capes (això sí, d'assignació molt automàtica) i en sistemes de plometes, tot i que es tracta d'un sistema mixt en el que cada objecte té un control individualitzat dels seus paràmetres de representació.

· Modelat de la informació de l'edifici

El el fons, aquest aspecte és el que hauria de fer marcar les diferències entre una aplicació i una altra ja que la resta de conceptes són més aviat d'interface. Tot i que ArchiCAD és tan BIM com Revit, hi ha diferències substancials en la manera com fan possible el modelat de la informació de l'edifici a través d'objectes. ArchiCAD ha estat pioner en l'ús d'aquesta tecnologia i basa el seu potencial en un llenguatge de programació específic, el GDL que permet crear qualsevol mena d'objecte paramètric i definir la seva interacció en l'entorn segons el tipus d'objecte de que es tracti.

ArchiCAD classifica internament els objectes segons Subtipus (categories a Revit) però la seva organització no es mostra tan directament a l'usuari ja que no en depèn la visualització (almenys no tan directament). Sí que és necessària conèixer-la quan es programen els objecte. Per altra banda, podem trobar equivalències entre l'estructura general de la base de dades d'ArchiCAD i la de Revit, ja que, per exemple, existeixen famílies de sistema, com les parets i

els forjats i famílies de components com les portes finestres o mobiliari. També hi ha diferències, ja que per exemple, les escales es tracten com a components. Tots els objectes es programen de manera idèntica, l'únic que es canvia és la forma d'interactuar de manera diferent amb la resta d'objectes.

En general l'estratègia que segueix és la d'integrar la tecnologia d'objectes en la interface de treball, de tal manera que hi quedin integrats d'una manera específica, permetent la seva edició guiada. Tot el contrari que Revit, que es planteja des d'una òptica universal que prova de tractar els objectes de la manera més uniforme possible.

· **Punts clau de l'aplicació**

Un cop analitzada l'aplicació, es resumiran els punts forts i dèbils de la mateixa, sota la perspectiva del que ofereix la competència i les eines tradicionals de CAD. Es finalitzarà parlant de les perspectives de futur de l'aplicació.

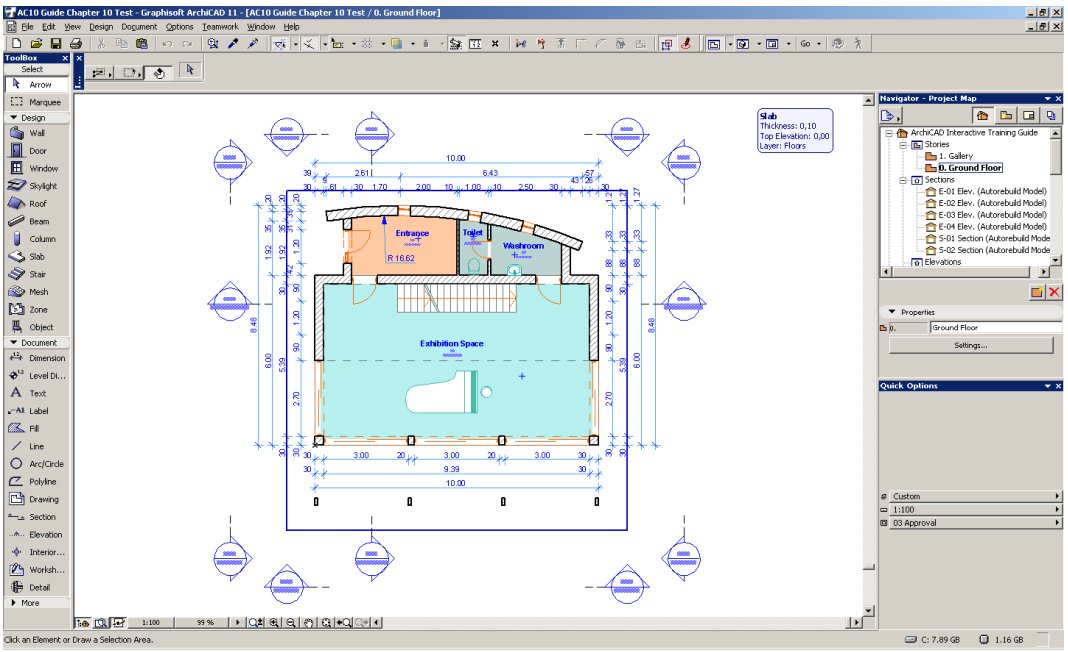


Fig. 5.2. Interface general d'ArchiCAD.

5.2 GESTIÓ DEL PROJECTE

ArchiCAD empra una estructura de projecte molt similar a la de Revit, però amb algunes diferències que cal comentar.

5.2.1 ARXIUS DE PROJECTES, DE PLANTILES I DE FAMÍLIES

A partir de la versió 10, tota la informació referent a un projecte, geometries, dades, llibreries i plànols es poden desar en un únic arxiu anomenat "Archive Project" per a distingir-lo del "Solo Project", idèntic a l'anterior però sense llibreries. Per altra banda, cada família d'objectes no de sistema es pot desar en un arxiu a banda individualitzat (amb extensió ".gsm") o en un de col·lectiu anomenat "Container" (amb extensió ".lcf"). S'ha de tenir en compte també que cada projecte necessita llegir d'algun lloc les llibreries dels objectes que té en us. Aquesta ubicació pot ser un arxiu de projecte, un contenidor o un arxiu individual. Aquest sistema està pensat per a permetre un ús homogèni dels objectes (ja que sembla més lògic fer servir una llibreria general per a tots els projectes) i reduir també la mida dels arxius de projecte al no haver d'arrossegar les definicions dels objectes. És un cas semblant als programes d'infografia, els quals normalment desen els materials i les textures a banda per tal de poder emprar-los en altres.

L'inconvenient d'aquesta solució és que cal anar amb compte de mantenir la llibreria mare localitzable, tot i que sempre hi ha l'opció de desar el projecte en la seva versió completa i contenir-hi els objectes actius. És un plantejament molt més complicat que el de Revit, ja que aquest sempre desa els objectes en ús juntament amb el projecte i la resta està sempre accessible de manera externa. El preu són arxius molts més voluminosos (fet que actualment no té una gran importància però fa cinc anys sí) i la impossibilitat d'automatitzar l'actualització d'un canvi en un objecte en diversos projectes.

Per tal de gestionar aquest galimaties hi ha el gestor de llibreries que permet indicar per a cada projecte quines són les ubicacions d'on pot llegir els objectes, sigui contenidors, objectes, arxius de projecte o carpetes (que continguin qualsevol dels anteriors). ArchiCAD carregarà tots aquests recursos juntament amb el projecte, tot resolent els conflictes que hi pugui haver, com ara definicions duplicades d'objectes.

Per la seva banda, les plantilles tenen un ús més convencional ja que s'usen exclusivament com a inici d'un projecte i no d'un objecte paramètric. Al contrari que Revit, quan es vol crear un component paramètric nou, l'aplicació crea les variables i paràmetres estendard per a cada subtipus d'objecte sols en seleccionar-lo d'un llistat des del mateix mòdul que en dirigeix la programació. No sorgeixen d'una plantilla reconfigurada.

5.2.2 COMPATIBILITAT AMB FORMATS ANTERIORS

Archicad 10, com Revit, té molt limitada la compatibilitat cap a versions anteriors. De fet, només és compatible amb la versió 9 (Revit no ha estat mai capaç de gravar en versions anteriors). La raó és que una Base de dades BIM és molt complexa i conté camps que són

difícilment traduïbles a versions anteriors. Per altra banda, les companyies pretenen que els seus usuaris mantinguin contractes de manteniment per tal de fidelitzar-los o estimular la compra del software per part d'aquell que encara no s'han actualitzat.

Per altra banda, és capaç d'exportar el model o la vista a un nombre elevat de formats, entre ells DWG i DGN (Microstation) amb un control de les opcions d'exportació molt elaborat. També exporta en diversos formats d'imatge a amb una qualitat notable.

5.2.3 NAVEGADOR DE PROJECTES

Deixant de banda el tema dels components paramètrics, ArchiCAD emmagatzema tot el projecte en un únic fitxer, i com a aplicació BIM, disposa d'un navegador de projecte. Aquesta eina, molt similar en esquema a la de Revit, es revela força més flexible que la d'aquest ja que té més prestacions.

El Navegador és una finestra més en l'àrea de treball, que permet visualitzar diferents aspectes del projecte. Disposa de quatre pestanyes: la de projecte, la de vistes, la de plànols i la de publicacions. Cada pestanya conté un arbre que permet desplaçar-se pels ítems que conté. Com veiem, el navegador esta organitzat segons l'ordre jeràrquic de desenvolupament del projecte: Projecte -> Vistes -> Plànols - > Publicació.

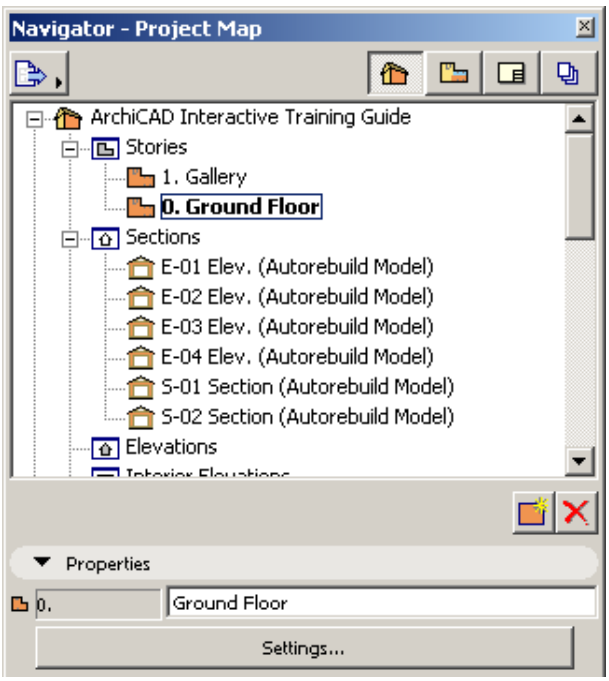


Fig. 5.3. Navegador de projectes, força més sofisticat que el de Revit

Al navegador de projecte apareixen diverses carpetes preconfigurades: els nivells (stories), les seccions i alçats, els detalls, les vistes tridimensionals, les taules, les llistes i les notes del projecte en forma d'arbre. La seva disposició es pot canviar ja que està destinada a servir de referència estructural del projecte. Cadascuna d'aquestes vistes es pot configurar independentment i desar un nom al panell de vistes.

En el panell de vistes es poden disposar i anomenar com es desitgi, tot agrupant-les en carpetes i mantenint el format d'arbre. Això dóna més possibilitats que Revit ja que es poden agrupar millor les vistes en carpetes. També permet clonar les carpetes de projecte per tal d'assegurar-se de tenir en aquest panell totes les plantes seccions i alçats definits en ell.

La secció del plànols funciona de manera anàloga a l'anterior. Els plànols s'ordenen de la manera que es vulgui i s'hi insereixen crides a les vistes. Aquest apartat també permet gestionar les plantilles actives dels plànols. Com en Revit, les caràtules són objectes i com a tals, són personalitzables. ArchiCAD fa una excepció en aquest aspecte i permet modificar-los in-situ i de manera gràfica. Així, tots els plànols basats en aquesta plantilla recolliran el canvi.

Per últim, tenim la pestanya del gestor d'edició (entenent "editar" com el fet de publicar). ArchiCAD permet crear conjunts de plànols i després establir com es volen publicar, ja sigui imprimint-los, creant PDF's o arxius DWG. És un sistema intel·ligent i còmode ja que és molt fàcil de gestionar i permet desar cada paquet de plànols per separat. Revit també permet la impressió o exportació de diverses vistes alhora però no disposa d'una eina tan aconseguida.

Per tal de facilitar el pas de vistes entre una pestanya a una altra existeix una eina anomenada "organitzador" que en mostra una al costat de l'altra i permet dur a terme les operacions necessàries. Per exemple, si en una banda es mostra el navegador de vistes i en l'altra el navegador de plànols, podrem col·locar una vista d'un cantó en el plànol de l'altre.

5.2.4 TREBALL EN EQUIP

ArchiCAD també disposa del seu propi mètode de treball cooperatiu sobre el mateix projecte. Es tracta d'activar la funció Team Work. A partir d'aquest moment, es crea un nou tipus de fitxer anomenat "Team Project" (amb extensió ".plp" i una sèrie de fitxers temporals. Llavors es defineixen dos tipus d'usuaris l"Administrador" i el "Team Leader" els quals poden definir els permisos d'accés al projecte de la resta d'usuaris (anomenats "Teammates"). La diferència entre ells consisteix en que el primer és el que controla les condicions de compartició del fitxer i el segon té alguns privilegis especials com ara la creació o modificació de capes o de nivells. Hi ha dos menes d'usuaris més, "Mark-UP" y "View Only", però el primer només està destinat a crear marques de revisió i el segon, a visualitzar el projecte.

A partir d'aquí cal obrir el fitxer amb la funció "Sign-In" i indicar amb quin nom i com a quina mena d'usuari es vol actuar. Després es seleccionen els nivells, vistes, detalls plànols i capes on es vol treballar, quedant aquests bloquejats per a la resta d'usuaris. També es pot definir una àrea del dibuix, quedant aquesta indicada en totes les vistes en planta. Aquest sistema té un plantejament diferent al de Revit, ja que en aquest el que es fa és definir conjunts d'elements (façanes, estructura, etc) i després prendre possessió o alliberar de cada conjunt. El cert és que el d'ArchiCAD és més senzill d'entendre ja que està basat en la pròpia estructura de capes i alhora permet una certa zonificació. El de Revit, en canvi, ofereix més flexibilitat i la possibilitat d'interacció entre els usuaris (ja que permet sol·licitar l'edició d'elements bloquejats per altres.

Estructuralment també és diferent al de Revit. En principi, tots els usuaris poden treballar sobre el mateix arxiu, però també hi ha la possibilitat de crear-ne un de vinculat, anomenat "Team Work Draft" que ja tingui definides parts actives per al seu ús individualitzat, cosa que l'aproxima al sistema d'arxius satèl·lit de Revit. Segons Graphisoft, aquest sistema és més recomanable, ja que permet un treball més ràpid al possibilitar que tots els usuaris d'un projecte comencin a treballar alhora i no s'hagin d'esperar a registrar-se un darrere l'altre. També possibilita el treball remot sense connexió continuada amb l'arxiu central.

Igual que Revit, cada usuari escull en quin moment desitja actualitzar els canvis i rebre les modificacions realitzades per la resta. També té un sistema de còpies de seguretat que es du a terme cada cop que es realitza una actualització dels canvis generats pels usuaris. Per últim, poden alliberar els elements bloquejats amb la funció "Sign-Out", però com en Revit, no cal fer-ho cada cop que es tanca el fitxer (però sí enviar els canvis si s'està treballant amb l'arxiu mare).

No obstant, a partir de la versió 13, ArchiCAD gaudeix d'un nou sistema de treball col·laboratiu molt avançat. En un principi, és similar al de Revit, ja que cada usuari pot fer-se càrrec de qualsevol part de l'edifici, podent-ne canviar el repartiment de manera dinàmica. La diferència és que ArchiCAD empra un servidor BIM que permet actualitzar els canvis així com transmetre missatges entre els usuaris en temps real. De fet, és quelcom similar a un intercanviador BIM. Per primer cop, els dissenyadors poden treballar simultàniament sobre un projecte, fet que dóna un pas endavant en el tema de la interactivitat multidisciplinar.

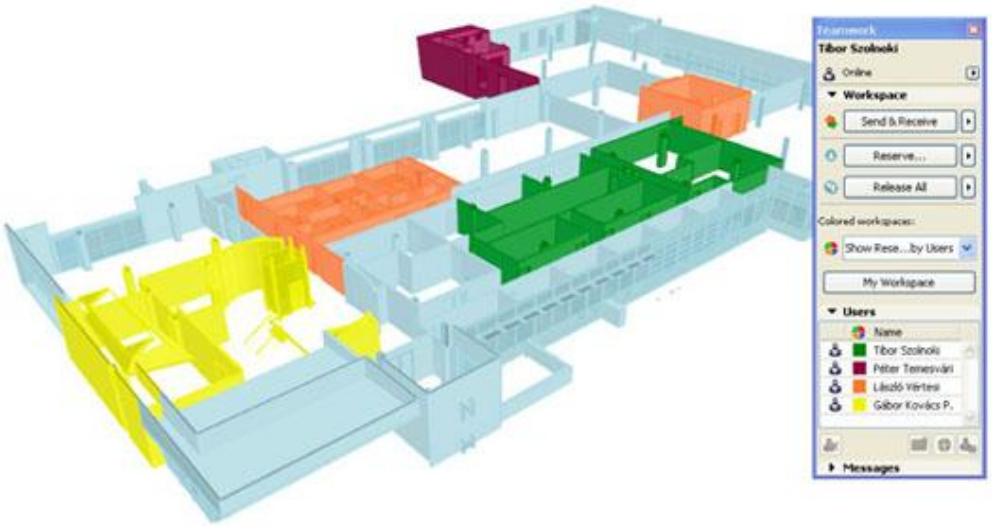


Fig. 5.4. Imatge de seleccionador d'espais de treball. Cada color representa un usuari.

5.2.5 OPCIONS DE DISSENY

ArchiCAD no disposa d'opcions de disseny, la qual cosa el situa en desavantatge en relació a Revit. Les opcions de disseny són molt útils per a analitzar diverses alternatives en elements concrets tot mantenint intacte la resta.

5.2.6 MÒDULS

En un edifici sovint es repeteixen conjunts d'elements, com les habitacions d'un hotel o tipologies d'habitatge en un bloc. Qualsevol aplicació BIM té algun sistema que permeti gestionar-los. En Revit s'anomenen Grups. Els mòduls, (grups en Revit) tenen una certa capacitat d'interactuar amb la resta d'elements de manera individualitzada, cosa que els diferencia dels blocs d'autoCAD. A diferència de Revit, poden ser desats com a un arxiu extern per tal de ser emprats en altres projectes. El format que s'utilitza és el ".MOD", el qual és idèntic al de projecte però conté només informació geomètrica (no conté vistes, per exemple). En Revit caldria copiar un grup d'un projecte i enganxar-lo en un altre. Pel que fa a la resta de característiques, són similars. Quan un mòdul s'actualitza, el canvi es reprodueix a tots els exemplars inserits.

Els mòduls s'insereixen des de vistes en planta mitjançant la funció Hotlink, que és l'equivalent a una referència externa però especialitzada en arxius d'ArchiCAD, (de projecte o mòduls).

5.2.7 REFERÈNCIES EXTERNES

ArchiCAD també és capaç de vincular arxius d'altres formats com ara DWG o DGN i ho fa amb el que anomena pròpiament referència externa (ja hem dit que per als seu propi format empra el concepte de "Hotlink")

5.2.8 FASES DE PROJECTE

ArchiCAD no gaudeix de cap sistema que implementi el concepte de fase en el projecte. Naturalment, sempre es pot fer servir el sistema de mòduls per a mantenir aquelles parts del projecte que romanen invariables, però no està pensat per a tenir la fluïdesa que té Revit i, per altra banda, també es perden el control de visualització que inclou el sistema de fases d'aquest programa.

5.2.9 BIM MULTIDISCIPLINAR

Com a qualsevol aplicació BIM, ArchiCAD es fonamenta en una base de dades que, teòricament, pot ser accedida per a qualsevol aplicació. De fet, actualment ja hi ha protocols de connexió amb diversos programes d'amidaments, en els que s'inclou Presto (d'àmbit nacional), demostrant que és operatiu en aquest aspecte. Actualment al mercat existeixen eines que es connecten amb el model per a crear imatges fotorrealístiques, com Atlantis R, i d'altres d'especialitzades en crear objectes específics, com ara escales o quadres de modulació. No obstant, actualment no conec cap aplicació per generar objectes GDL destinats al disseny d'instal·lacions ni cap que llegeixi la informació estructural de l'edifici, però en teoria l'aplicació hi està preparada.

5.2.10 CONCLUSIONS

ArchiCAD aporta avantatges molt similars a les de Revit respecte a les eines de CAD literal: integració del projecte en un únic fitxer, treball en grup, etc. Al seu favor està un tractament més clar de l'eina de treball en grup i un plantejament més eficient del concepte de mòdul (grup en Revit), ja que aquests són exportables com a fitxers independents, cosa que els de Revit no. Per contra, es troben a faltar les eines d'opcions de disseny i fase (que de fet es basen en el mateix concepte). En quan al BIM multidisciplinar està a un nivell similar. Autodesk està apostant fort en aquesta direcció perquè sap que hi té un gran potencial amb la immensa quantitat de software que fabrica i amb el prestigi que l'avala. Si Revit aconsegueix estendre's, és evident que hi haurà molts desenvolupadors de software que s'hi voldran connectar. ArchiCAD, en canvi, gaudeix d'una base que ja és plenament operativa des de la perspectiva del control de costos, la qual és especialment apreciada, inclús en aquest país, però s'haurà de veure en un futur si aconsegueix seduir als fabricants d'altres disciplines. Al final, el que compta és quí aconsegueix esdevenir l'estàndard.

5.3 ORGANITZACIÓ ESPACIAL

Altre cop trobarem moltes similituds en aquest capítol amb el que hem pogut llegir respecte Revit, amb l'interès que desperta una interface amb un desenvolupament molt més madur.

5.3.1 PLANS DE TREBALL

El sistema de plans de treball és força convencional. S'empra el clàssic sistema de coordenades universal i personalitzat tant en l'espai del projecte com en la programació d'objectes paramètrics. Per altra banda, a nivell de projecte, aquest pla sempre es troba amb la coordenada Z horitzontal; es pot girar, però no inclinar. En realitat això no suposa una limitació, ja que els objectes es defineixen sempre en relació un pla horitzontal y quan veritablement es dissenyen, sota la interfície de programació, sí que es disposa d'aquest recurs. En Revit és diferent, doncs els objectes es creen amb la mateixa interface que la del projecte i si no es pogués establir un pla de treball inclinat en aquest context, les possibilitats de disseny quedarien molt limitades.

Per altra banda el seu funcionament és el convencional. Es poden establir l'origen i la rotació dels eixos X i Y designant punts. Però, al igual que Revit, no es pot establir un sistema per tres punts, acció que resultaria redundant donada la impossibilitat de treballar sobre plans inclinats. Segurament l'usuari acostumat a modelar amb eines de CAD literal trobarà a faltar més eines de control posicional, però s'ha de tenir en compte que el l'àmbit del projecte, una aplicació BIM està orientada únicament a establir un context relacional entre els elements que conformen l'edifici, els quals han d'estar prèviament modelats paramètricament en un àmbit diferent. Per això, a priori no són necessàries unes eines de construcció espacial gaire sofisticades. A Revit ho són una mica més donat que hi ha la possibilitat de crear objectes paramètrics en el sí de l'ecosistema virtual (les famílies in-situ)

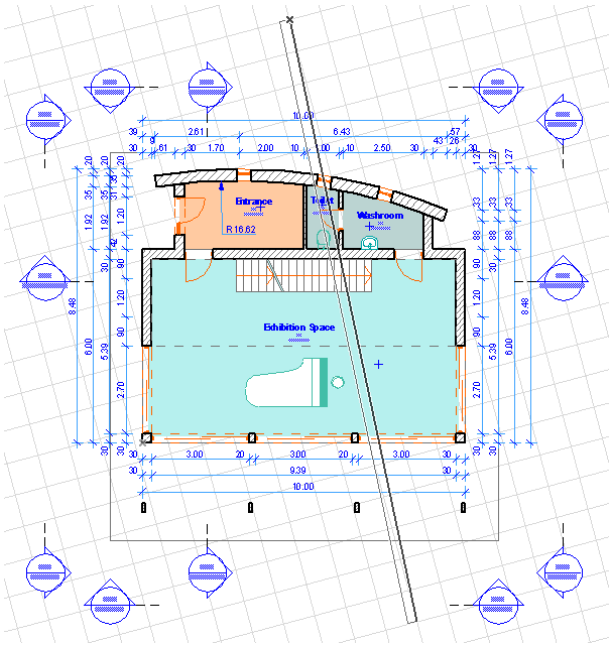


Fig. 5.5. Mur dibuixat sobre un pla de treball girat.

De tota manera, resulta frustrant la impossibilitat per a situar elements sobre plans inclinats com ara teulades o rampes sense haver de reprogramar-los, ja que obliga a establir internament un sistema de coordenades relatiu. En canvi, en Revit es tracta d'una opció disponible en qualsevol família i que permet referir la perpendicularitat de qualsevol objecte a un pla qualsevol.

5.3.2 UNITATS

El model arquitectònic es pot construir en les unitats que hom desitgi, podent canviant-les en qualsevol moment. Val a dir que aquestes unitats són per a tot el model i que, atès que els detall constructius solen dissenyar-me en unitats petites (cm o mm), resulta recomanable adoptar l'hàbit anglosaxó de dissenyar sempre en mil·límetres (o potser en centímetres n'hi hauria prou) per no haver de canviar d'unitats quan canviem la mida relativa del model que ens ocupi. De tota manera, les dades es poden introduir en qualsevol unitat tot escrivint la abreviació corresponent.

Pel que fa a les cotes, les seves unitats són independents de les del projecte, però seran les mateixes per a totes les vistes gràfiques on s'emprin. Això vol dir que si acotem en metres les plantes, també ho haurem de fer als detalls constructius, aspecte que hauria de millorar. Revit, en canvi, permet l'acotat amb unitats diferents, ja que cada estil de cotes (família d'objectes d'acotació) conté el paràmetre d'unitats mostrades.

5.3.3 INTRODUCCIÓ DE DADES

La introducció de dades mètriques s'efectua a través d'una eina anomenada "Tracker", que apareix en forma de pop-up en l'àrea de treball. Si es tecleja una quantitat numèrica, s'interpreta com una distància polar, però teclejant A, X, Y, o Z permet la introducció d'angles o de les respectives coordenades absolutes o relatives. Es tracta d'un sistema que ha copiat les últimes versions d'AutoCAD però en aquest software es percep com a molt més natural, ja que no existeix una barra de comandaments com a tal.

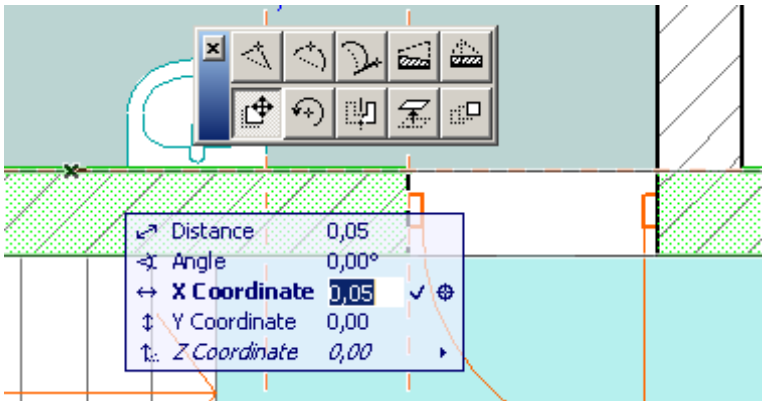


Fig. 5.6. introducció de dades a través del Tracker. Similar al Dynamic Input d'AutoCAD però mol més sofisticat. La barra d'eines flotant permet efectuar operacions sobre l'element seleccionat.

Per altra banda, és possible dibuixar línies auxiliars temporals per tal de fer-les servir com a referència per a la introducció de punts. Aquestes ajudes, anomenades "Línees Guia", són d'una gran utilitat ja que poden construir referències sofisticades de manera molt ràpida. És quelcom similar al mode de referencia "Des de" d'AutoCAD però construït de manera gràfica, amb la qual cosa és molt més intuïtiu i potent. A més, qualsevol introducció d'una coordenada es pot convertir en una línea guia que representi tots els punts situats a una determinada distància d'un punt (en el cas de coordenades polars) o sobre un valor fix de qualsevol de les tres coordenades cartesianes (a mode de filtres d'AutoCAD però explicitat gràficament). No obstant, no és una eina que serveixi per a establir restriccions mètriques respecte a altres objectes (com el cas de les cotes de Revit), ja que ArchiCAD no és encara capaç de fer-ho.

5.3.4 REFERÈNCIA A OBJECTES

El control de referència a objectes és brillant. Tot i que al principi pot arribar a confondre per la multitud d'aspectes que pot adquirir el punter segons quina referència capturi, mereix un elogi la quantitat d'ajudes al posicionament que ofereix ArchiCAD. A banda dels modes habituals (punt final, intersecció, etc, és capaç de detectar distancies proporcionals o divisions en segments, però també tangents, perpendiculars, paral·leles i bisectrius respecte a qualsevol entitat lineal de l'àrea de treball, de manera molt ràpida i intuïtiva. Per altra banda, mostra línies guia automàticament, a l'estil del "Tracker" d'AutoCAD però aquestes són més completes, essent capaces de capturar prolongacions de corbes.

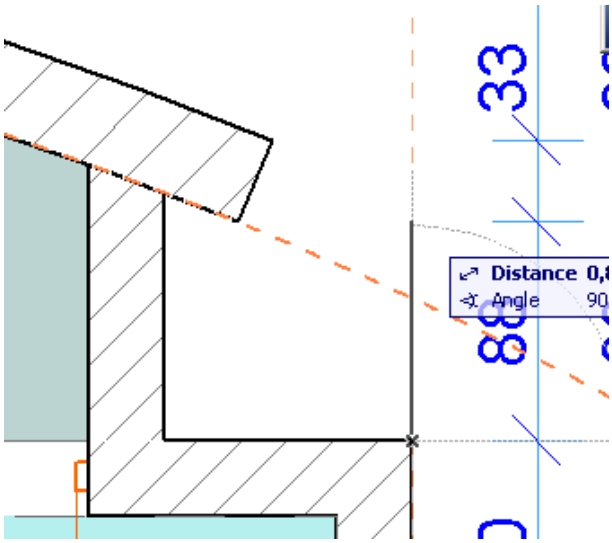


Fig. 5.7. Línea de referència extreta a partir de la projecció de l'arc que descriu el tancament de l'esquerra.

5.3.5 CONTROL POSICIONAL I DIMENSIONAL

El control posicional s'efectua mitjançant les eines típiques de qualsevol CAD, desplaçar, copiar, girar, etc. Amb la particularitat de que a totes elles s'hi accedeix a través d'un menú contextual derivat d'una selecció d'objectes o d'una barra d'eines també contextual que apareix quan es comencem a arrossegar els elements. Per altra banda, el punt inicial de qualsevol transformació

és precisament el punt des del qual es selecciona l'objecte, de tal manera que s'estalvien passos i el seu funcionament és francament molt fluid un cop hom s'acostuma a seleccionar els objectes de la manera oportuna.

Pel que fa al control dimensional, cada element compta amb els seus propis pinçaments que permeten transformar-lo d'acord amb les seves possibilitats físiques, opcions que s'escullen de la ja comentada barra d'eines contextual. Pel que fa a les seves característiques, s'editen a través d'un quadre de diàleg especialitzant del qual es disposa d'una rèplica reduïda en forma de barres d'eines en l'àrea de treball.

En el fons, de manera idèntica a Revit, on la barra contextual es mostra de manera permanent en la part superior de la pantalla i el panell d'edició en un dels costats.

5.3.6 NIVELLS DE REFERÈNCIA

L'edifici s'estructura verticalment de manera idèntica a Revit, és a dir, en base a nivells (anomenats aquí "Stories") i com aquell, estableixen una referencia fixa per a tots els objectes que es situen al model, tot i que pot ser substituïda en alguns casos. Per exemple, les obertures normalment estan relacionades amb els nivells, però poden també estar-ho amb la base o coronament dels tancaments que la suporten, prestació molt útil. Revit no disposa d'aquesta opció, però el seu efecte pot ser emulat aplicant una restricció.

Com ja hem vist en Revit, això no suposa que el model estigui seccionat per nivells, de tal manera que els objectes poden estendre's al llarg d'un o més d'ells

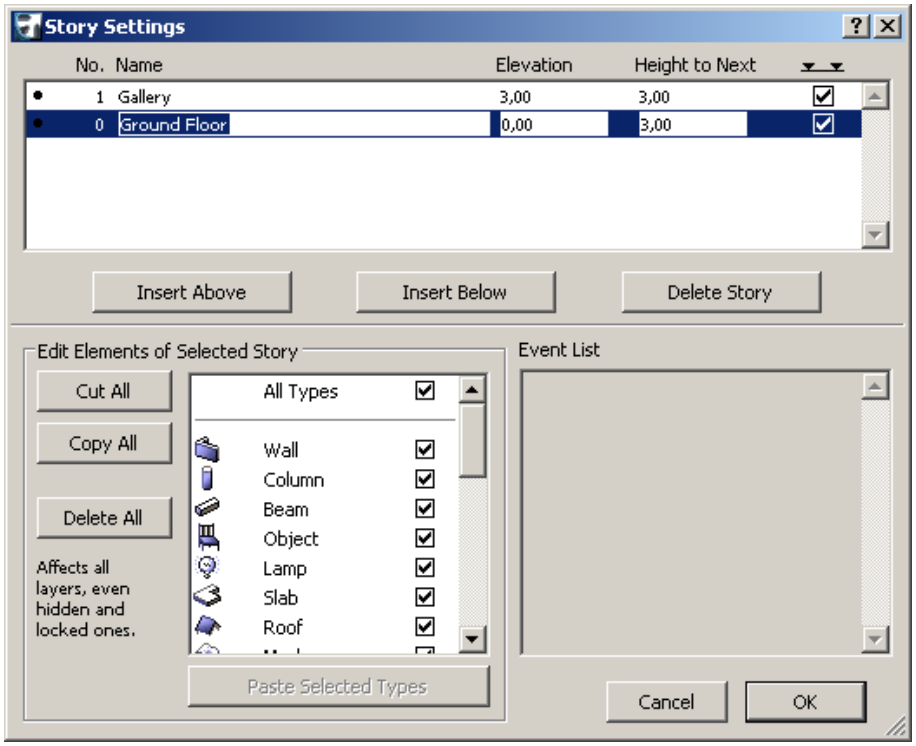


Fig. 5.8. Configuració dels nivells de referència anomenats "stories",

Òbviament, cada nivell està associat a una vista en planta que secciona l'edifici per un pla imaginari horitzontal. Per contra, la visualització o no de cada element pot ésser configurada independentment de si la vista en planta actual el secciona o no. Així, els forjats es poden mostrar en les vistes relatives al nivell on es troba, però també en nivells superiors o inferiors. Revit és molt més rígid en aquest aspecte ja que tot depèn de la profunditat de la vista en planta corresponent. A més, de moment no és capaç de mostrar elements projectats que es troben darrera del pla de tall (amb l'excepció de les escales). Finalment, la navegació a través dels nivells és molt ràpida, ja que, com amb la majoria de comandaments, disposa de dreceres de teclat per pujar o baixar de nivell.

A pesar d'organitzar el model en torn a nivells, ArchiCAD sí que empra el concepte de capes de treball a la manera habitual. En realitat, cada mena d'objecte es situa automàticament en una capa determinada, però se'n pot escollir una altra i crear-ne de noves. No obstant, ja hem vist que l'ús d'un model global organitzat per nivells i editat a través de vistes relacionades permet gaudir d'una gran economia de capes, ja que la visualització dels elements és controlada principalment per cadascuna de les vistes. Cada capa permet activar o no la visualització de l'element en la vista actual o bloquejar-lo. Es tracta d'un sistema més tradicional que el de Revit, basat en categories, que es descriurà amb detall en l'apartat de visualització.

5.3.7 PLANS DE REFERÈNCIA

En el context del modelat del l'edifici, el pla de treball sempre és perpendicular a la direcció de projecció en les vistes ortogonals i horitzontal en les vistes dinàmiques. Només es pot canviar la seva rotació. Això no resulta un gran inconvenient donat que ArchiCAD ni permet modelar famílies in situ, que són les que precisarien d'un control lliure del pla de treball. Per a la resta de casos, els objectes es solen situar en relació a un pla perpendicular a la direcció de la vista, que és el que permet fer ArchiCAD. En canvi, a nivell de creació de les famílies de component, el pla de treball es pot establir en qualsevol orientació, mitjançant transformacions o posicionaments directes dels eixos X, Y i Z.

5.3.8 REIXES ESTRUCTURALS

Les reixes estructurals equivalen a les de referència en Revit. Es creen en cada vista però són independents entre elles, així que són elements literals que no es tracten com a veritables objectes BIM, la qual cosa és una llàstima. A diferència de Revit, els eixos no apareixen en totes les vistes de manera automàtica ni s'hi poden ancorar els elements estructurals tot i que, naturalment, poden emprar-se com per a capturar-hi amb referències a objectes.

5.3.9 LíNIES DE REFERÈNCIA

Les linies de referència no existeixen com a tals en l'entorn de programació de les families de component d'ArchiCAD, ja que no les necessita al comptar amb un complet llenguatge que permet cobrir les funcions d'aquestes en l'entorn gràfic de Revit.

5.3.10 RESTRICCIONS

ArchiCAD no disposa encara d'eines de parametrització relacional que permeti establir restriccions entre elements més enllà dels propis comportaments preestablerts de cadascun d'ells. Per això no existeixen plans de referència i els eixos estructurals no poden retenir els pilars. De fet, les capacitats de parametrització de Revit no són gaire potents si les comparem amb una aplicació de CAD paramètric com ara Catia, però les eines que té el doten d'unes prestacions realment útils en aquest aspecte.

5.3.11 CONCLUSIONS

Com tota aplicació BIM, ArchiCAD crea un model tridimensional que emmagatzema tota la informació de l'edifici a través de eines que, en la majoria dels casos, estan orientades al treball des de vistes ortogonals, sobretot des de plantes. De fet, les primeres versions del software, només permetien l'edició dels objectes des d'aquestes representacions. Actualment, l'edició es pot fer des de qualsevol vista però el posicionament i traçat dels objectes resulta més senzill des d'aquestes projeccions. Per altra banda, el nivell de sofisticació i utilitat de les eines de control espacial en aquests plans és molt alt i funciona a més amb molta fluïdesa, com si es tractés d'una simple eina de CAD 2D. No passa el mateix amb Revit, on es paga el preu del seu motor de visualització "sempre 3D" amb una menor agilitat en el seu funcionament 2D.

No obstant, l'edició en vistes tridimensionals també resulta força adequada, tot i que es perden les línies guia i la possibilitar de traçar entitats bidimensionals. Això, juntament amb la manca d'un mode de visualització amb línies ocultes eficient, fa que de vegades resulti difícil indicar posicions de manera precisa. Just al contrari que amb Revit.

Una altra qüestió és la capacitat per a situar el pla de treball en qualsevol posició. Si Revit podia estar limitat pels pocs comandaments disponibles per a la definició d'un sistema coordenades en l'espai, però malgrat tot era possible establir-lo en qualsevol posició, ArchiCAD és directament incapaç de fer-ho, ja que el pla de referència sempre haurà de ser horitzontal. En realitat, però, això no planteja un impediment per a la creació de qualsevol geometria, ja que els objectes paramètrics en sí es creen en un entorn de programació on sí que es possible fer-ho. Revit, en canvi, precisa d'un context espacial més lliure perquè tot es modela en un entorn gràfic tridimensional.

En definitiva, ArchiCAD s'empra de manera molt similar a com ho fa un programa de CAD bidimensional amb la qual cosa resultarà molt familiar per a els no avesats en l'ús d'eines de modelat tridimensional. Ja que el funcionament dels comandaments vers el control de l'espai són les habituals.

5.4 VISUALITZACIÓ

ArchiCAD gaudeix d'un sistema de visualització que ha anat evolucionant d'acord amb les necessitats dels clients i del que el hardware feia viable. Això fa que hereti estratègies comunes a programes de CAD i que ofereixi opcions molt depurades.

5.4.1 VISTES GRÀFIQUES

Al contrari de Revit, ArchiCAD no té un motor de visualització tan potent que sigui capaç d'extreure qualsevol representació directament del model tridimensional, així que el que fa és construir el model a partir de la seva pròpia edició des de vistes tridimensionals o des de representacions planimètriques creades a partir d'ell de manera més o menys diferida.

D'aquestes representacions podem distingir-ne dues menes molt diferenciades vers les seves connexions amb el model global. Per una banda, hi ha les vistes en planta, lligades als nivells de manera directa i que gaudeixen d'una comunicació bidireccional amb el model molt immediata. De fet, cada objecte paramètric té definida la seva representació en planta (anomenada "2D symbol") de tal manera que les vistes són actualitzades amb facilitat, ja que es mantenen dos models en paral·lel: el tridimensional general i el bidimensional llescat en plantes.

Per altra banda, la resta de vistes ortogonals, seccions i alçats, són generades a partir del model tridimensional tot calculant la intersecció amb els diferents plans de tall i els elements vistos a partir d'ells. Aquest càlcul és un procés no immediat que pot trigar des d'uns segons a varis minuts. Per això, l'actualització d'aquestes vistes no es fa sempre de manera automàtica, sinó que també es pot escollir executar-la de manera manual o fins i tot desvincular-la completament del model. Això es manté així perquè actualment el seu motor està basat en la transmissió de canvis i no en el control directe de la visualització del model i, per tant, resulta impossible dur a terme aquestes operacions de manera instantània. Paral·lelament, també esta força orientada cap a la postproducció de les projeccions no verticals. De fet, les aplicacions BIM d'origen més remot comparteixen aquesta característica, ja que els resultava molt complicat generar seccions en qualsevol punt de l'edifici que a més tinguessin el nivell de detall i el rigor adequats. En el cas de les plantes era una altra cosa, ja que el pla de tall està ben definit i, per tant, les representacions dels objectes són previsibles. Actualment, tot i que ArchiCAD té un nivell de representació de les seccions força bo, qualsevol edició d'aquestes passa per a la seva conversió en un dibuix desvinculat del model. És un plantejament molt diferent al de Revit, on es pretén que totes les vistes estiguin totalment vinculades amb el model, oferint en comptes d'eines de dibuix, eines d'edició de les representacions (canviar valors de línia, ocultar parts, modificar contorns ,etc.). Des del punt de vista del BIM, aquest és el plantejament més purista, però també és cert es que el sistema d'ArchiCAD encara deixa una porta oberta al món de la representació, amb els avantatges i inconvenients que això comporta.

Un altre aspecte interessant és que separa els elements generadors de vistes (nivells, seccions, alçats, detalls, perspectives, càmeres, taules i altres) de les vistes que se'n poden treure. De fet, empra dos navegadors diferents. Un és el "Mapa de Projecte", té una estructura fixa (similar a la de Revit) i permet desplaçar-se per ell a través d'aquestes vistes. L'altre és el

"Mapa de Vistes" i conté totes les vistes guardades a partir de les anteriors i que es pot organitzar de la manera que hom desitgi emprant fins i tot carpetes. Aquest enfocament és realment bo, ja que es separa el que és moure's pel projecte del que és extreure'n vistes, cadascuna amb les seves particulars configuracions, per a una posterior publicació o sota qualsevol altre criteri. Revit, en canvi, disposa d'un únic navegador que no és del tot personalitzable, i resulta molt més complicat agrupar les vistes per temes i navegar-hi amb comoditat.

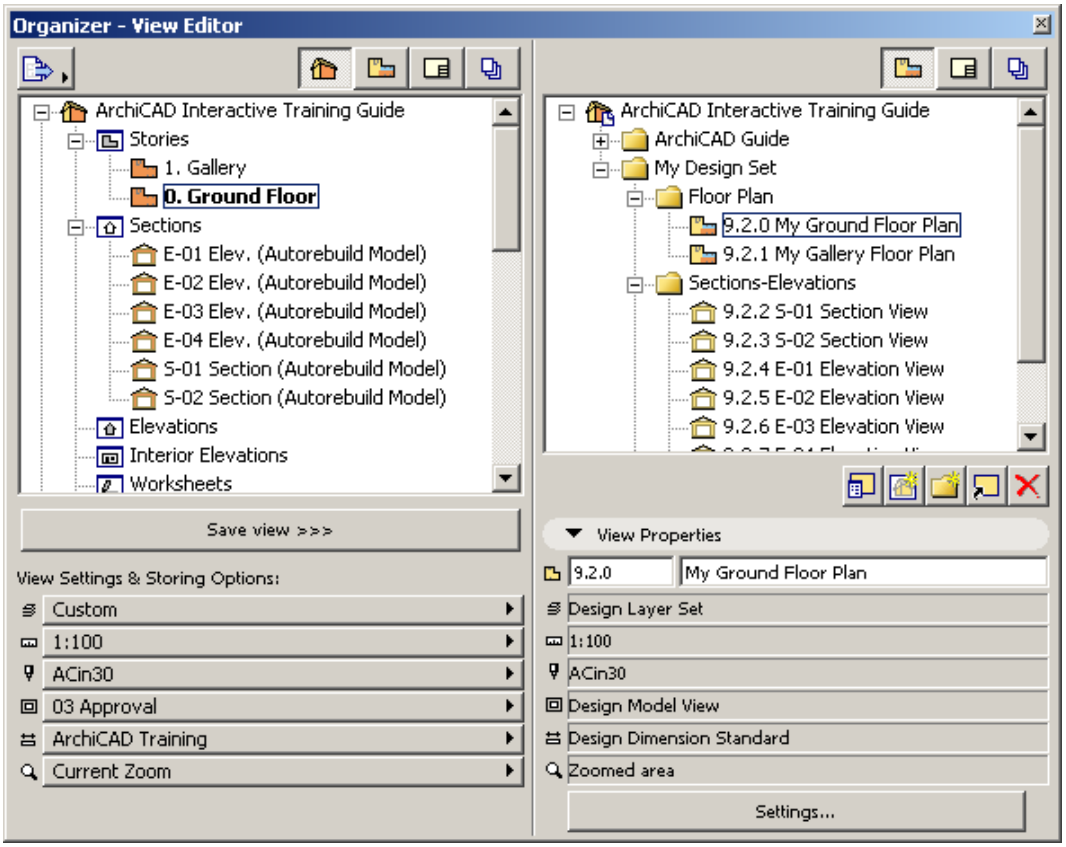


Fig. 5.9. Organitzador, en aquest cas, de projecte i de vistes. S'observa la separació entre vistes de projecte i vistes guardades.

5.4.2 CONTROL DE LA VISUALITZACIÓ DE LES VISTES GRÀFIQUES

Ja hem dit que cada vista gràfica es genera a partir d'una ubicació del Mapa del Projecte i, per tant, mantindrà enquadrament i altres aspectes en comú amb totes les generades des de la mateixa ubicació, però hi ha altres aspectes que en seran personalitzables en cada vista. El problema és que, a diferència de Revit, les opcions estan molt més disgregades i tenen un enfocament molt més particular. Malgrat tot hi ha una sèrie de conceptes que són comuns a qualsevol mena de vista i que es podran comparar amb els seus equivalents a Revit.

· Nom i identificador

Cada vista té un identificador i un nom que permet identificar-les en el navegador i en les etiquetes de seccions i alçats corresponents. De fet, normalment el nom no es posa o es molt

curt per tal que hi càpiga en aquestes etiquetes, les quals mostren a més les làmina on apareixen les vistes. Val a dir en aquest aspecte que una vista pot aparèixer a més d'una làmina sense necessitat de duplicar-la, cosa que no permet fer Revit.

· **Combinació de Capes**

Cada vista pot tenir una combinació diferent de capes tot i compartir una mateixa ubicació. Una qüestió interessant és que tot i que les vistes són generades com a bidimensionals, l'ocultació dels elements d'una capa deixarà veure el que hi ha darrere. Com és usual, cada estat de capes es pot desar amb un nom per a després recuperar-lo directament en el quadre de configuració de cada vista, i posteriorment editar-lo particularment des d'un quadre de diàleg específic.

Aquest quadre és molt senzill, ja que només controla la visualització, el bloqueig i la transparència (només en vistes tridimensionals) de la capa. No es controlen des d'aquí altres característiques com els gruixos de línia o les trames com passa amb les categories de Revit, ja que això es fa des de la configuració de cada objecte en particular. Per altra banda, quan s'oculta la capa d'un element, aquest desapareix físicament del model del que es mostra la representació i no pas de la representació en sí. Així, deixarà veure el que hi ha darrere.

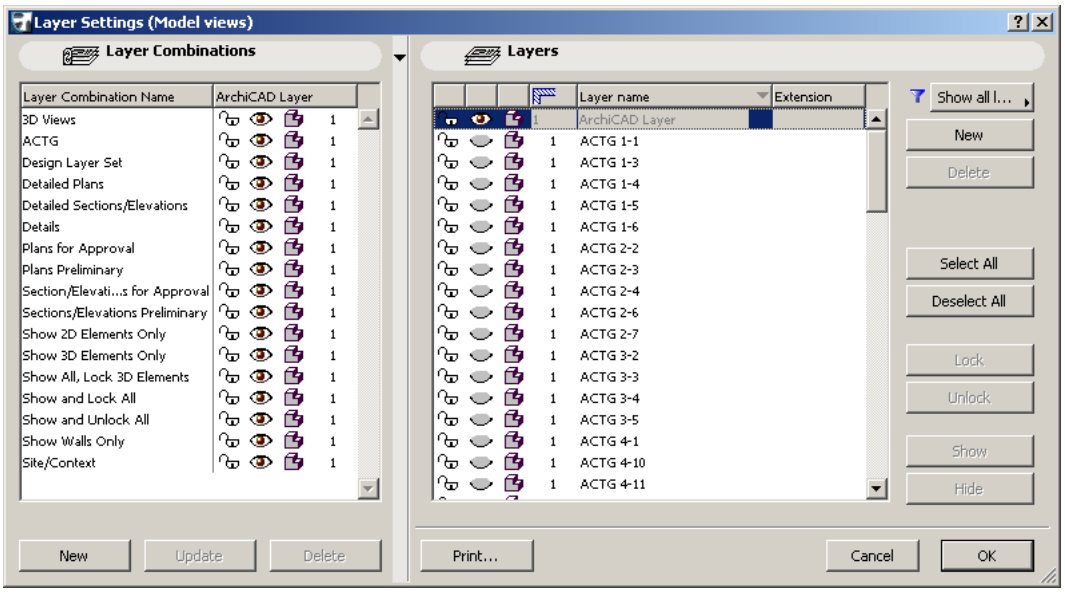


Fig. 5.10. Gestor de capes. Els atributs corresponents als valors de línia depenen de la configuració de cada objecte i de l'assignació de plometes de la vista.

· **Escala**

Com a tota aplicació BIM, l'escala de representació no és una qualitat del model sinó un atribut de la seva representació. Això permet emprar per a cada cosa les unitats més adients. Així, els elements arquitectònics es mesuren en unitats dimensionals finals (com s'ha fet sempre en el CAD Literal), però els elements d'anotació també, mesurant-se en mm d'impressió. El mateix passa amb les trames de grafisme, que mantindran el seu espaiat amb independència de l'escala.

· Opcions de visualització del model

Es tracta d'una sèrie d'opcions que permeten simplificar la vista actual tot suprimint les fusteries de les obertures (o fins i tot no mostrar-les), reduir els tramats dels objectes seccionats o projectats a colors sòlids, simplificar els símbols de secció i alguns altres. Aquestes opcions són molt útils per a elaborar representacions més esquemàtiques o simplement per a canviar l'aspecte de la vista. No disposa del complet sistema de sobreescriptura de paràmetres gràfics que té Revit per a cada vista, però és força més intuïtiu. Per altra banda, hi ha algun efecte que Revit no pot aconseguir, com ara l'opció de no mostrar les obertures, deixant els murs com si no hi fossin.

· Estàndard d'acotació

Cada vista pot mostrar un únic estàndard per a totes les cotes que s'hi mostren. Aquests estàndards només es refereixen a aspectes relatius a les unitats d'acotació ja que la resta, de caràcter gràfic, es defineixen per a cada objecte d'acotació en concret.

· Conjunt de plometes

Els gruixos de línia i colors estan controlats per un sistema ben conegut pels usuaris d'AutoCAD. És tracta del sistema de plometes, però, òbviament en aquest cas està força més evolucionat. Cada vista té assignada una paleta de 255 plometes, cadascuna numerada de l'u a la dos-cents cinquanta cinc. Les paletes es guarden amb un nom i poden ser recuperades en qualsevol moment. Cada plometa correspon a un gruix i un color, els quals es fan efectius tant en la vista com en el moment de la publicació. Com que tots els aspectes gràfics dels objectes estan establerts en base a plometes, qualsevol canvi en la paleta activa afectarà a totes les representacions que emprin les plometes modificades. Per exemple, la trama d'un mur seccionat podria tenir assignada la plometa núm. 6, que en aquella representació correspondria a una línea de 0,02 mm de color gris. Per exemple, podem convertir una vista en monocromàtica, canviant el color de totes les plometes a escales de grisos, però mantenint els valors de línia. El mateix s'haurà de fer si es vol tenir en compte l'escala de plotejar, per tal d'emprar els gruixos adients.

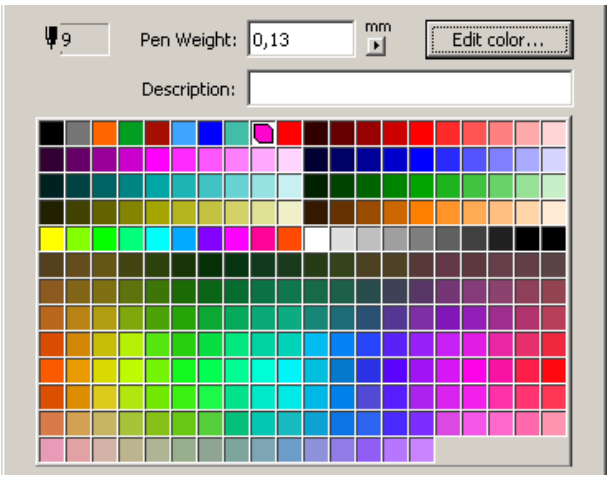


Fig. 5.11. Conjunt de plometes. A cada nombre de plometa se li assigna un color i un gruix,

També hi ha dues plometes especials, sense número, que corresponen a un color totalment transparent i un que clona el color de fons de la vista, però aquestes no es desen en els conjunts de plometes, ja que no es poden modificar.

El cert és que aquest sistema és molt potent a l'hora d'efectuar canvis importants en les plometes i realment està molt ben plantejat en aquest sentit. Revit ja no empra plometes sinó que assigna un valor de línia relatiu (ja que varia amb l'escala de representació) i un color per a cada representació. Aquests valors es poden sobreescriure en cada vista mitjançant el control de visualització, però no permet ser precís en aquests canvis ja que s'apliquen a categories i subcategories completes. També és cert que, en el cas d'ArchiCAD, cal saber quina plometa convé editar per a obtenir el resultat adequat, però es suposa que els usuaris seran prou metòdics com per a assignar les mateixes plometes a idèntics grafismes. Aquest plantejament du a que les representacions d'ArchiCAD estiguin plenes de color, ja que això ajuda, entre altres coses, a identificar l'assignació de valors de línia. Les de Revit, en canvi, tendeixen a l'ús de molts pocs colors, ja que els gruixos no en depenen. Com en altres aspectes, ArchiCAD té una orientació més clàssica que Revit i, per tant, molt més preocupada per la qualitat de la representació gràfica.

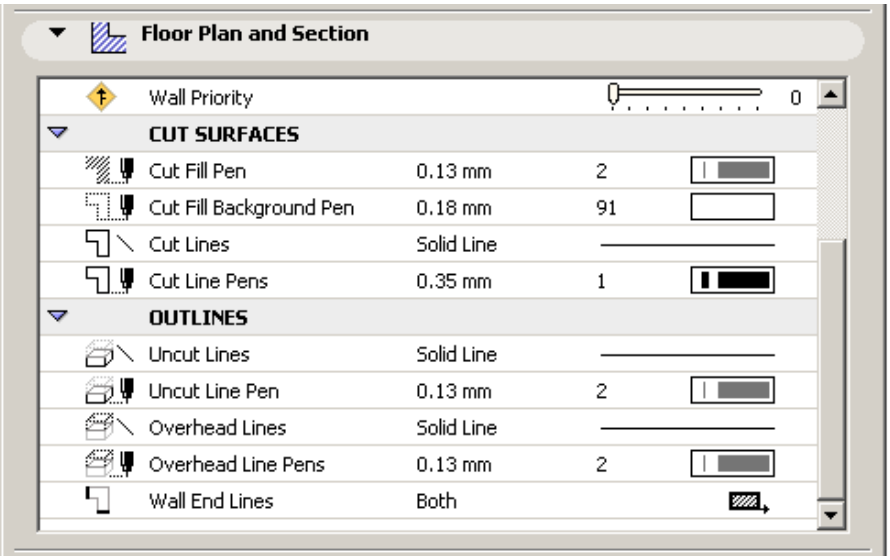


Fig. 5.12. Mur dibuixat sobre un pla de treball girat,

Per altra banda, Revit enllesteix el tema de poder desar la configuració gràfica de la vista a través de les plantilles de vista, les quals desen, a banda dels valors de línia, la resta d'ajustos de la vista (nivell de detall, mode de visualització, etc).

· Ombres

Les vistes de secció i alçat poden mostrar ombres vectorials a l'estil de les de Revit, amb una posició del sol totalment configurable, on es pot establir en relació a una localització concreta del planeta. En les vistes tridimensionals es poden mostrar ombres amb el motor Intern, però no amb l'OpenGL. El cert és que les vistes resultants estan força aconseguides, tot i que l'estil de Revit resulta, al meu parer, més contemporani. Llàstima que les vistes en planta no puguin

mostrar ombres, ja que resulta un recurs molt expressiu, sobretot de cara a clients poc avesats en la lectura de plànols.

· Caixa de retall

Tant en les vistes tridimensionals com en les bidimensionals es pot definir una caixa de retall que retalli el model tridimensional seccionant-lo pels seus límits. Al contrari que en Revit, ArchiCAD només pot mostrar les zones seccionades amb un color fosc o amb el de la superfície de l'element, i no pas les capes que componen els elements com els murs o els forjats. També té la limitació de no ser capaç de seccionar el model horitzontalment. Sí que es pot evitar que es mostrin els elements no situats en un nivell determinat, però els murs, que poden estendre's al llarg de més d'un nivell, es mostraran complets.

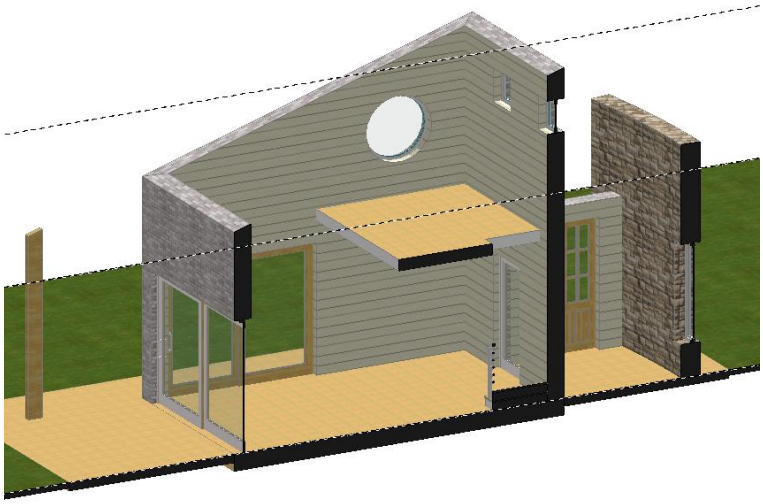


Fig. 5.13. Model seccionat per una caixa de retall. Tot i que té la capacitat de mostrar textures en OpenGL, el mode vectorial és força limitat en quan a rendiment i no mostra les capes dels elements seccionats, tal com fa Revit.

· Plans de tall

Un altre recurs per a seccionar el model en les vistes tridimensionals és definir plans de tall de tot l'edifici, tants com es vulgui, que es poden agregar un a l'altre. Els plans es defineixen des d'un quadre de diàleg on apareixen una planta i dos alçats de l'edifici i es tracen els plans dibuixant la seva projecció de cantell en qualsevol d'elles. Aquestes traces es poden indicar a pols o mitjançant coordenades reals del model. El sistema és molt intuïtiu, llàstima que no es puguin especificar els plans de manera precisa directament sobre el model tridimensional, tot i que també és cert que el sistema de Revit és molt més rudimentari, ja que està lligat a les càmeres i només és possible establir-ne per a cadascuna d'eles i sempre perpendicular al vector de visualització.

· Subjacent

Cada vista de planta pot mostrar un altre nivell com a subjacent, per tal que serveixi de referència per a la vista actual. Es pot escollir el nivell que es desitgi i d'aquest, filtrar els

elements que es vulgui, representant-los en un únic color totalment personalitzable. Val a dir també que aquesta vista no apareixerà quan es plotegi.

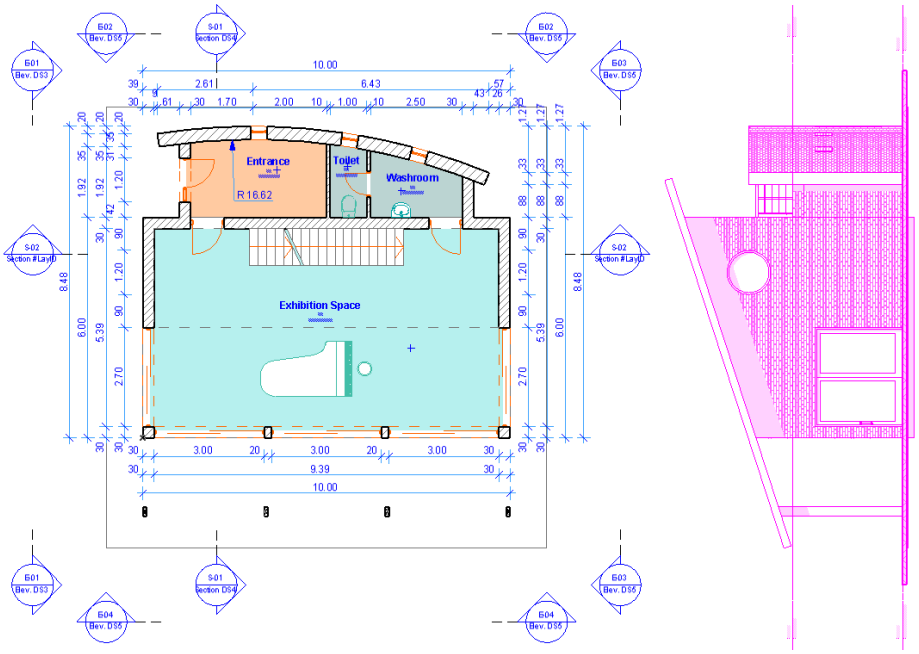


Fig. 5.14. Vista en plana que mostra simultàniament una vista en alçat.

· Nivell de detall

A ArchiCAD es poden programar els objectes per a que es mostrin d'una o d'altra manera segons l'escala de representació de la vista. És un enfocament diferent al de Revit, on cada vista pot tenir un dels tres graus de detall disponibles amb independència de la l'escala de representació. Aquest l'últim sistema és més elàstic, ja que, a més, permet establir nivells de detall diferents per a cada mena d'objecte, però també es cert que al no establir-se de manera predeterminada el nivell de detall segons l'escala, sovint es poden donar representacions amb nivells de detall inadequats.

· Visibilitat per Objecte

No es pot ocultar un objecte en particular si no és que es situa en una capa a banda i es desactiva. El que sí que es pot editar totalment la configuració visual de l'objecte, ja que ArchiCAD no es basa en famílies d'objectes, o sigui que es podria fer que tot el grafisme d'aquell element fos transparent.

· Disciplina

Actualment, ArchiCAD ja està preparat per a treballar en entorns multidisciplinars, ja que pot incorporar objectes especialitzats en el disseny d'estructures i el d'instal·lacions

· Plantilla de vista

Tampoc no empra plantilles de vista que desen tota la configuració relativa a la vista actual per tal de ser aprofitada en altres vistes, de tal manera que ha de ser recuperada manualment en cadascuna d'elles. De tota manera, només cal recuperar la combinació de capes, les opcions de visualització del model, l'escala i les plometes per a cada vista si es vol clonar la configuració d'una a una altra.

· Control de l'extensió de la vista

Per a totes les vistes bidimensionals es pot configurar la profunditat del camp de visió. Per a les plantes, es defineixen l'alçada del pla de tall i del rang inferior de visió i del superior de projecció, de manera similar a Revit però amb un quadre més descriptiu. Amb les seccions es donen més possibilitats, ja que a banda dels paràmetres ja esmentats, es pot definir un estil per als elements situats més enllà del pla de tall o inclús per als que són més enllà d'una certa distància, a mode d'efecte de llunyania.

· Filtres per objectes

No disposa de filtres gràfics que canviïn les propietats dels elements segons les seves característiques, però sí que disposa d'una bona eina per a seleccionar objectes segons algunes de les seves propietats, cosa que permet modificar-los en bloc tot i no ser idèntics.

· Fases

ArchiCAD no incorpora eines que puguin incorporar en un mateix projecte diversos estats del mateix. Així, els estats actuals i finals d'un projecte de reforma han de trobar-se en fitxers diferents.

· Opcions de disseny

De la mateixa manera no es poden elaborar diverses opcions de disseny en un mateix projecte, així que cada versió haurà de mantenir-se en fitxers separats. Això dificulta l'aprofitament de parts comunes que no està previst variar. Tot i que les eines de Revit al respecte no són perfectes, és de gran comoditat poder visualitzar diverses opcions de disseny sense sortir del projecte.

5.4.3 EINES DE MODIFICACIÓ LOCAL

ArchiCAD basa l'edició local de les vistes bidimensionals exclusivament en diverses eines de delineació que permeten superposar grafismes tot complementant o substituint la informació mostrada. No compta doncs, amb el concepte d'override de Revit, el qual permet alterar la representació d'un objecte sense canviar-ne els paràmetres interns. Així, és capaç d'alterar els valors de línia (un a un) o el tramat del material seccionat sense modificar les característiques de l'objecte en sí. Això permet que en cada vista cada objecte es mostri de maneres diferents,

tot i que el ventall de possibilitats és limitat i depèn de la categoria a la que pertanyin els elements afectats.

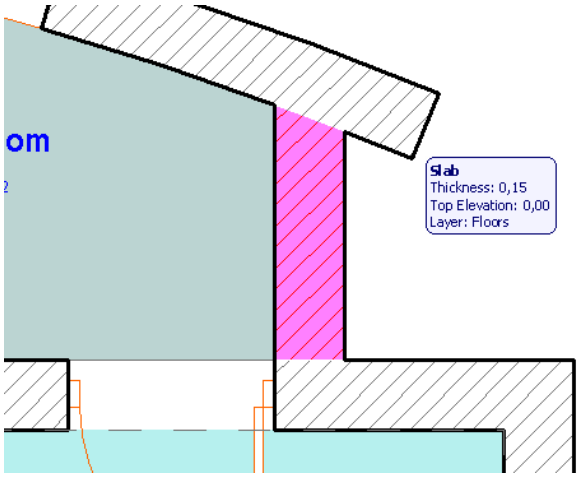


Fig. 5.15. S'han modificat els paràmetres gràfics del parament del centre. Llàstima que no s'apliquin com a override, ja que les possibilitats son més extenses que les de Revit.

ArchiCAD planteja el problema d'una manera diferent, ja que cobreix amb una major flexibilitat a l'hora de definir aquesta mena de característiques en cadascun dels elements creats, ja que, en general, aquests es poden editar sense necessitat de crear noves famílies. El problema és que els canvis efectuats s'aplicaran a totes les vistes ja que, al contrari que Revit el grafisme de cada objecte no es pot sobreescriure a cada vista

Pel que fa a les esmentades eines de delineació, són bastant bàsiques:

· **Entitats lineals**

Es poden dibuixar elements lineals en totes les vistes bidimensionals incloent-los en una de les tres categories disponibles: línies de delineació, línies de secció i línies de separació de capes. Això permet integrar-les millor en el grafisme, ja que, per exemple, les opcions de visualització del model (veure apartat anterior) poden afectar una o altre categoria. També poden servir com a limitador de zones (per al càlcul d'àrees).

· **Àrees de reblert**

Es tracta de polígons tancats reblerts d'un tramat determinat. Com és habitual, es poden escollir diferents valors de plometes per al perímetre i per al reblert. Com en el cas anterior, poden pertànyer a tres categories, en aquest cas reblerts de delineació, reblerts de cobertura i reblerts de separació de capes. Cada reblert pot dur associat una etiqueta de tal manera que pugui servir per a afegir indicacions al model i després poder llistar-les. Finalment, també poden interactuar amb les zones, tot restant un determinat tant per cent de la seva superfícies al seu càlcul d'àrea i volum.

· Inserció d'imatges o dibuixos

La inserció d'imatges o dibuixos vectorials és possible només en les vistes bidimensionals. Cada dibuix pot establir un vincle d'actualització automàtica i la seva ruta podrà ser guardada de forma relativa a la ubicació de l'arxiu de projecte. Per altra banda, és interessant anotar que el dibuix es situa en la capa que s'esculli, però les seves capes (si en té) no poden ser alterades des d'ArchiCAD, sino que cal obrir-lo des de l'aplicació corresponent i editar la vista activa. Tampoc no es poden inserir objectes tridimensionals. Pel que fa a l'assignació de colors i, per tant, de plometes, s'assigna un conjunt de plometes per a cada dibuix, de tal manera que el seu grafisme es pugui coordinar amb el de la pròpia representació del model. En el cas de la inserció d'imatges, no hi ha gaires possibilitats, tret de l'útil opció d'establir el color blanc com a transparent.

5.4.4 ASSIGNACIÓ DE MATERIALS

ArchiCAD distingeix entre Trames, Estructures compostes i Materials. Les primeres són els elements bàsics de reblert vectorial. Les segones defineixen reblerts materials compostos per capes, cadascuna de les quals està ocupada per una trama vectorial. Per últim, els materials, inclouen una definició de textura ràster per als models de visualització fotorrealístics i una de trama simple per als modes vectorials.

· Trames

Les trames es defineixen a través d'un quadre de diàleg on se'ls hi posa un nom i s'estableix si són de model (és a dir, amb unes mides constants i per tant, amb la seva representació afectada per l'escala) o si són de grafisme, essent llavors independents de l'escala. En el primer cas, les trames es defineixen segons unitats del projecte (normalment metres), mentre que en el segons, ho fan segons unitats de plotejat (mm). Per a cadascuna d'elles s'indica si estaran disponibles per a cobrir volums seccionats, superfícies exteriors, o àrees de reblert.

Hi ha dues menes de tramats: els vectorials i els simbòlics. Els vectorials estan preconfigurats i les seves possibilitats d'edició es limiten a modificar l'espaiat del mòdul . Els símbols de tramat, en canvi, es creen a partir de qualsevol dibuix bidimensionals fet prèviament. Naturalment, aquest dibuix ha de ser prou senzill per a que sigui usable com a trama, però les possibilitats són infinites.

· Estructures compostes

Com el seu nom indica es tracta d'estructures compostes per capes de trames separades per una determinada distància. Serveixen per a descriure elements multicapa com parets, forjats o sostres. S'estableixen les capes que es desitgi, tot especificant les trames que les ocuparan i el grafisme de les línies que les separaran.

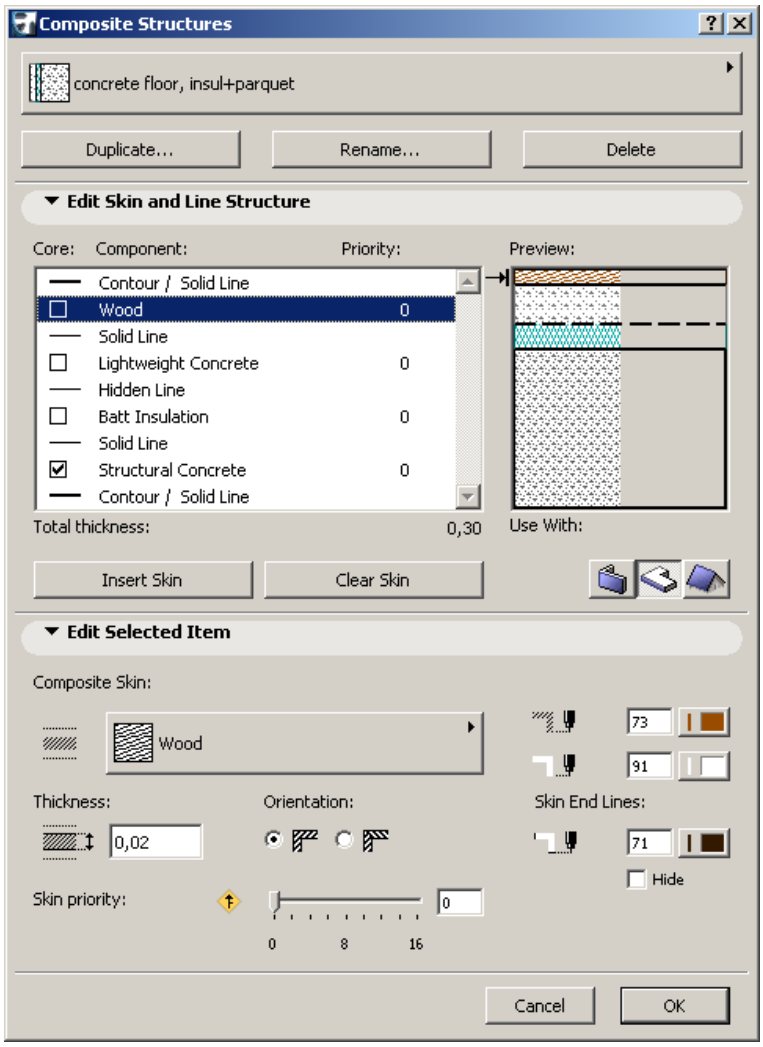


Fig. 5.16. Configuració d'una trama composta. És el mitja que té ArchiCAD per a crear materials multicapa.

· **Materials**

Es poden aplicar únicament a cares superficials. Es componen d'una textura ràster que apareixerà als modes de visualització fotorrealístics i d'una trama vectorial que ho farà en els modes acolorits. No es tracta doncs de materials com s'entenen en Revit, ja que no s'associen també a una determinada representació tramada quan són seccionats.

Tant les trames com els materials poden ser llistats per tal d'amidar les seves superfícies, però a diferencia de Revit, no hi ha una jerarquia entre ells, en la que els materials són el component principal que és representat amb trames quan és seccionat o mostrat en alçat (o amb textures quan és renderitzat), sinó que les tracta com recursos molt més lliures.

De tota manera, les trames i als seus compostos són el que s'assembla més als materials de Revit, ja que controlen si dos elements del mateix tipus es mostraran units i permeten definir els reblerts, multicapa o no, dels elements.

5.4.5 GESTOR D'ATRIBUTS

Aquesta eina serveix per a gestionar tots els atributs que afecten a la visualització dels objectes de manera centralitzada. Permet copiar-los a un fitxer extern per a poder importar-los des d'un altre projecte. Els conjunts d'atributs disponibles són les capes, les combinacions de capes, els conjunts de plometes, les plometes, els tipus de línia, les trames, les estructures compostes, perfils, materials, categories de zona i ciutats. És una eina excel·lent per a traslladar aquest valors ja que resulta molt gràfica i adequada. Però, com es pot deduir, no serveix per a traslladar els valors dels objectes paramètrics, ja que per a tal funció es compta amb una eina anomenada "favorits", però aquesta s'explicarà al capítol de modelat de l'edifici.

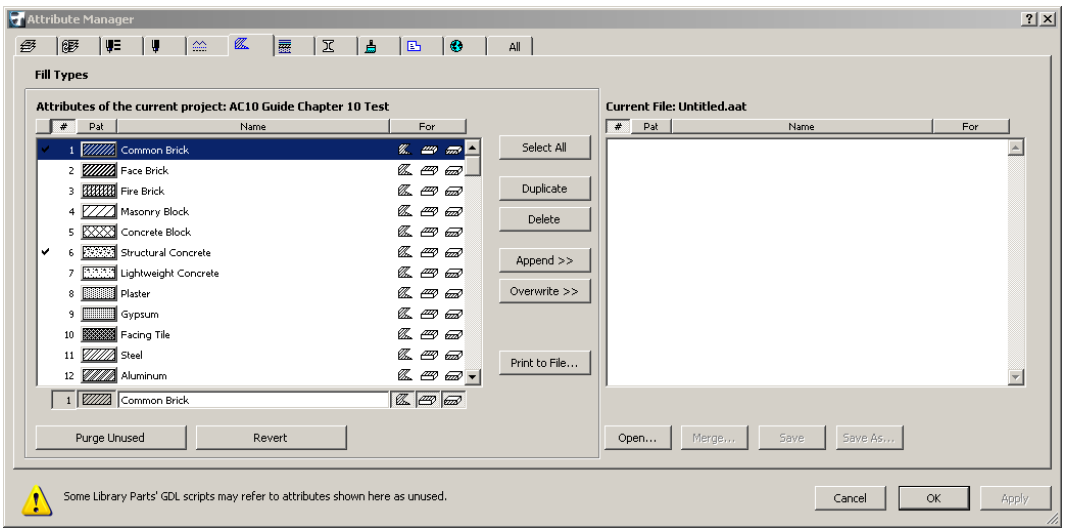


Fig. 5.17. Gestor d'atributs. Un bon sistema per a passar paràmetres gràfics i informatius d'un projecte a un altre mitjançant fitxers contenidors.

Revit té una eina similar que permet copiar des d'un únic quadre de diàleg els paràmetres de les famílies (objectes paramètrics), trames, tipus de línea, etc d'un projecte a un altre. No resulta tant complet i només permet copiar traslladar de cop tots els valors d'una mateixa mena (per exemple totes les trames o totes les famílies de murs). Per contra, es tracta d'un sistema més centralitzat que el d'ArchiCAD, ja que agrupa tots els paràmetres d'un projecte en una única eina.

5.4.6 VISTES DE PLANTA

De les vistes estàtiques, les de planta són el recurs principal d'edició del model en ArchiCAD, Actualment, es pot accedir a ell a través de qualsevol mena de vista, per la velocitat d'actualització dels canvis es pot deduir que la via més nativa és aquesta. Per l'altra, qualsevol canvi realitzat en el model s'actualitza de manera immediata a les plantes, mentre que, en el cas de les seccions i alçats, el canvi requereix un càlcul previ. Al igual que en Revit, es poden controlar les profunditats de la vista i l'alçària del pla de tall, però en aquest cas es fa des d'un quadre molt més explicatiu.

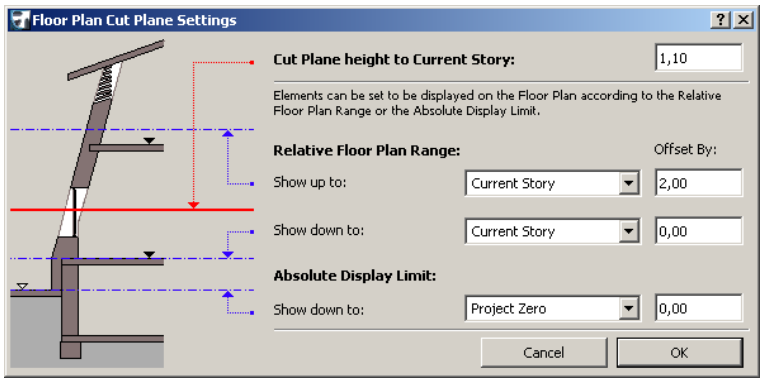


Fig. 5.18. Configuració de pla de tall i extensió d'una vista en planta.

Les vistes estàtiques d'ArchiCAD no són vistes directes del model tridimensional, tal com passa en Revit, sinó que són dibuixos autònoms generats a partir de símbols que representen els diversos elements tridimensionals quan se'ls secciona horitzontalment. Així, quan es crea un objecte paramètric, cal modelar la seva representació tridimensional (de la qual es trauran les vistes de secció i alçat) i la seva representació en planta. Aquest sistema és comú a les aplicacions BIM amb més història, ja que el procés de seccionat i obtenció d'una a vista amb vistos i ocults requeria d'un càlcul que no era possible de realitzar en temps real. No obstant, els objectes hostes, com ara els paraments o els forjats, sí que són seccionats de manera estricta. La conseqüència d'això és un tipus de vista més simbòlica que realista, fet que s'ajusta més als estàndards gràfics dels projectes arquitectònics on les plantes expliquen els espais a través d'unes convencions que prioritzen la síntesi de la representació per damunt de la seva estricta correspondència amb la realitat.

En canvi, en Revit el seccionat sí que es pot dur a terme en temps real per a tots els objectes, tot i que hi ha certes categories que no ho permeten (com ara el mobiliari) i, en general, es prefereix substituir la representació en planta de la majoria dels objectes per dibuixos bidimensionals. A la pràctica resulta quasi el mateix. L'avantatge està en poder escollir una representació més estricta per a un objecte en concret a costa d'un menor rendiment gràfic en aquesta mena de vistes.

El que no pot fer Revit és escollir si es mostren, de cada objecte hoste, les parts projectades per davant o per darrera. De fet, Revit no mostra aquest últim tipus de projecció, la qual cosa sovint resulta molesta. Es una mostra del major nivell de desenvolupament d'aquesta aplicació. El que esta igualment limitat és la inclinació del pla de tall, el qual sempre ha d'ésser horitzontal.

5.4.7 VISTES DE SECCIÓ

Les seccions d'ArchiCAD són sempre verticals (en Revit es poden inclinar) i es tracen de la manera habitual, tot dibuixant-les en les plantes (no es pot fer des d'altres menes de vistes). Cada secció genera una vista vectorial amb vistos i ocults calculats, de la qual se'n poden controlar diversos paràmetres. El més important és el sistema d'actualització dels canvis, ja que deixa escollir entre automàtic, manual i desvincular-lo del model, de manera que es converteix en un dibuix lliure. Aquesta prestació és particularment interessant, ja que exemplifica el

planejament més orientat a la representació que té ArchiCAD en front a Revit (on les vistes són obligatòriament d'actualització automàtica). No obstant, cal recordar que Revit sí que disposa d'eines de edició local de les vistes, amb les quals es poden obtenir resultats molts similars als d'ArchiCAD però emprant eines que no són tan immediates. ArchiCAD permet editar les seccions (i alçats) com si fos un dibuix fet amb una eina de CAD literal, però paga el preu de perdre qualsevol mena de vinculació amb el model general. En Revit, en canvi, es dibuixa sobre la vista, ocultant-ne parts o modificant el seu grafisme, però inclús les noves entitats de delineació poden vincular-se al model BIM. ArchiCAD doncs està més capacitat per a postproducció de les vistes de secció i alçat.

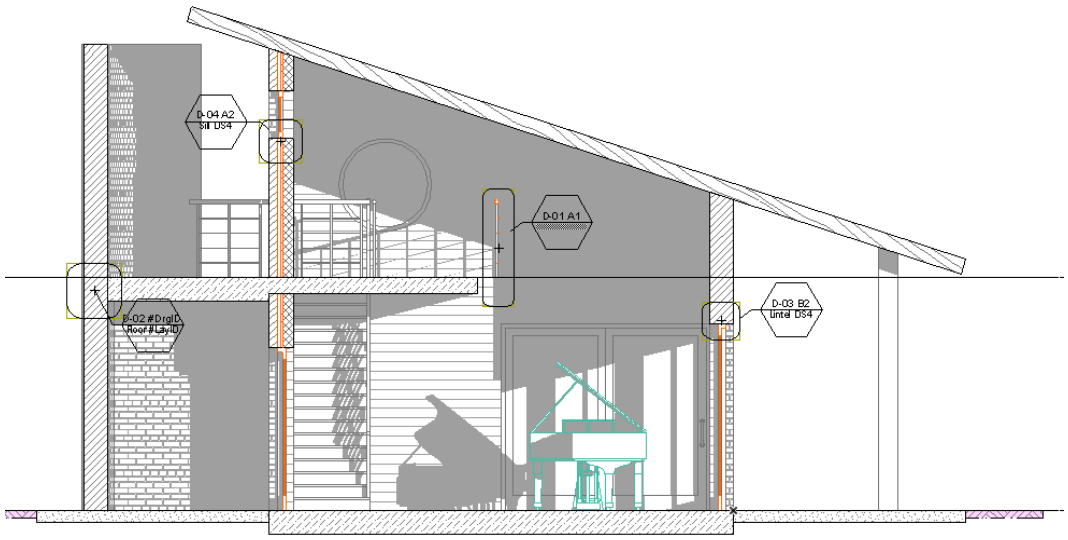


Fig. 5.19. Vista de secció amb marques de vistes de delineació. La jerarquia entre murs i forjats s'estableix lliurement mitjançant operacions booleanes (veure tema següent).

Com és habitual, cada secció apareix al navegador de projecte i se'n poden crear tantes còpies com es desitgi en forma de vistes, que aniran a la ubicació escollida en el navegador de vistes. Cal recordar que d'una mateixa planta, secció o alçat, se'n poden crear vàries vistes amb configuracions gràfiques diferents. Revit, en canvi, crea directament vistes independents, tot i que es poden relacionar entre elles. També s'etiqueten amb el seu nom i amb el plànol on apareixen. Val a dir que, al contrari que en Revit, una mateixa vista pot aparèixer en més d'un plànol, cosa que es força més raonable.

De manera anàloga a les plantes, es pot controlar la profunditat de la vista, amb la particularitat de poder també establir una profunditat a partir de la qual els elements apareguin amb un altre valor de línia. Un altre avantatge en front de Revit en el camp del grafisme. També es pot limitar l'abast vertical, per tal que sigui il·limitat o es restringeixin només unes alçàries. El que no es pot fer és evitar que seccioni determinades menes d'elements, com els mobles o els sanitaris, cosa que no es gaire apropiada. En Revit hi ha categories que no són seccionables, entre elles les de mobiliari o sanitaris, de tal manera que aquests queden representats sempre en alçat, ja que veure fragments d'aquest elements en vistes d'aquesta mena pot resultar desconcertant.

5.4.8 VISTES D'ALÇAT

Les vistes d'alçat i de secció són exactament la mateixa cosa per a ArchiCAD, es generen des de la mateixa eina i van al mateix apartat (Seccions) del navegador de projectes. L'única cosa que canvia és el símbol que se li pugui posar. Respecte a això, cal puntualitzar que, com es veurà en el següent capítol, totes les etiquetes, incloses les que etiqueten les seccions i els alçats, són objectes personalitzables.

Les seccions arriben fins on arriba el seu traçat, de tal manera que per fer alçats interiors només cal dibuixar la secció des d'un parament a un altre i restringir l'abast a les cotes de la planta corresponent. No es tan senzill ni automàtic com en Revit, però es perfectament viable.

5.4.9 VISTES DINÀMIQUES

El navegador de projectes sempre disposa de dues vistes genèriques; una en perspectiva i una en axonomètrica. A partir d'elles se'n poden crear de noves i desar-les com a vistes en el navegador de vistes, tot modificant el vector de visualització. També es poden crear càmeres des de les vistes de planta. Les càmeres són objectes que generen vistes de perspectiva però que, a més, es poden lligar a recorreguts que després es poden reproduir en forma de vídeo.

El vector de visualització de qualsevol vista tridimensional es pot canviar a través de les clàssiques funcions de tot visor actual, com ara orbitar, jugar amb el zoom o l'enquadrament. Però també disposa d'un interessant mode de vol que permet passejar-se per l'edifici des d'un punt de vista en primera persona. El funcionament és idèntic al de qualsevol joc tridimensional (de fet empra una conjunt de tecles molt habitual en aquests programes). És un mode ideal per a mostrar el projecte a terceres persones o per a estudiar detalls de l'edifici. És molt similar al que ofereix AutoCAD 2007, però a banda de tenir un rendiment superior, resulta molt més interactiu. Revit no disposa d'aquest mode, tot i que es pot canviar el punt de vista d'una càmera de manera interactiva des de la mateixa vista que genera. Una llàstima.

Fig. 5.20. Detall d'un piano situat a l'interior d'un edifici. La vista s'ha aconseguit acostant-s'hi tot caminant des del jardí.

En el cas de les càmeres, l'edició del paràmetres de la vista es pot fer modificant l'objecte càmera a través dels seus pinçaments, però també es pot modificar la vista a través de

qualsevol dels mètodes esmentats. El recorregut que les uneix és, en realitat, una spline controlada per punts de pas on les tangents inicials i finals són els propis vectors de cada càmera. També és interessant el fet que per a cada càmera es mostra la orientació del sol, de tal manera que és molt fàcil alterar-lo per tal que incideixi sobre l'edifici en la direcció més adequada per al punt de vista de cadascuna d'elles. Les eines d'edició de les càmeres de Revit són força similars, tot i que estan millor resoltes ja que permeten controlar de manera efectiva l'enquadrament de la vista, aspecte molt important en una perspectiva.

No obstant, cal remarcar que quan es modifica una vista que s'ha guardat prèviament, els canvis no es desen automàticament. Això permet assegurar-se de no perdre una vista guardada al modificar-la. Aquest és el funcionament més habitual en les aplicacions de CAD. Revit, en canvi, aplica els canvis a la vista guardada i, si no es volen perdre, cal duplicar-la abans, fet que s'oblida amb facilitat.

Per a poder fer això en temps real, disposa de dos motors gràfics per a la visualització tridimensional del model, un és intern i permet la visualització sense oclusions, amb oclusions, acolorida i fotorrealística. L'altre esta basat en OpenGL i té unes rendiment molt superior a l'intern, però, inexplicablement, no es capaç de mostrar el model amb ocultació de línees. Una altra diferència important està en el mode acolorit. Amb el motor intern, les trames de materials es mostren en format vectorial, és a dir, tal com es mostren com a la resta de vistes, en canvi, el motor OpenGL mostra les textures ràster associades als materials emprats en els objectes i val a dir que, malgrat això, és molt més àgil en el canvi del punt de vista que el visualitzador de Revit.

Pel que fa al seccionat del model en les vistes tridimensionals, només és capaç de mostrar els cossos seccionats amb un únic color, així que no pot mostrar la composició interna dels objectes multicapa. No arriba doncs a la precisió gràfica de Revit. Les vistes tridimensionals d'ArchiCAD tenen una funció molt més representativa (en el sentit clàssic de la paraula) que explicativa ja que el seu motor gràfic no té prou prestacions vectorials.

5.4.10 VISTES DE DETALL

Les vistes de detall són equivalents a les vistes de crida de Revit. Es creen tot dibuixant un requadre en una vista de planta, alçat o secció. El seu objectiu es de referir-se a un dibuix de detall que ampliï la informació d'una àrea concreta del projecte. Però, a diferència de Revit, el que es fa és vincular-hi un dibuix que sempre és absolutament independent, talment com les vistes de delineació de Revit. Així no és possible crear detalls que aprofitin parts de la vista que complementen.

No obstant, sempre es poden buscar vies alternatives, com ara desvincular temporalment una vista de secció per tal de copiar-ne la informació bidimensional i després enganxar-la en una vista de detall. De fet, cal recordar que aquesta mena de vistes són el lloc destinat per a inserir-hi dibuixos realitzats amb aplicacions de CAD literal per tal d'explicar aspectes no assolibles des de l'òptica del BIM.

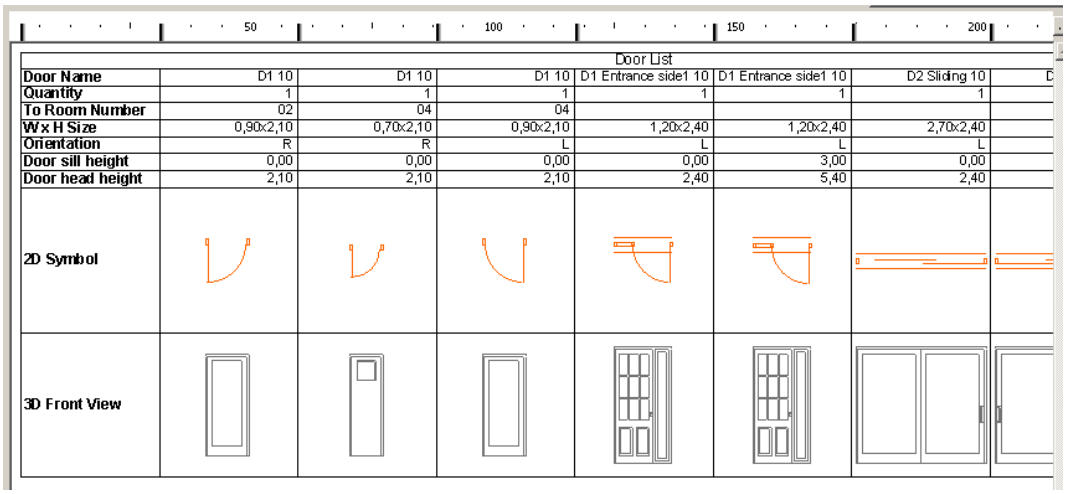
5.4.11 VISTES DE DELINEACIÓ

Qualsevol vista extreta del model pot convertir-se en una vista desvinculada del model i convertir-la en un dibuix bidimensional que permeti la seva edició literal. Des del punt de vista de la pràctica integrada, és una opció poc recomanable però que pot servir per a completar informació o generar-ne de complementaria.

Tal com s'ha comentat en l'apartat anterior, l'equivalent a les vistes de delineació de Revit són les vistes de detall a ArchiCAD.

5.4.12 VISTES ALFANUMÈRIQUES (ELEMENT SCHEDULES)

Ja sabem que una de les principals prestacions d'una aplicació BIM és poder tractar amb la informació que conté l'edifici cobrint aspectes que van més enllà dels formals. I fins i tot, modificar aspectes formals des de vistes no gràfiques. Recórrer a una taula és la manera més eficient de modificar els paràmetres dimensionals d'elements que es repeteixen, com les fusteries o el mobiliari.



Door List

Door Name	D1 10	D1 10	D1 10	D1 Entrance side1 10	D1 Entrance side1 10	D2 Sliding 10	D
Quantity	1	1	1	1	1	1	
To Room Number	02	04	04				
W x H Size	0,90x2,10	0,70x2,10	0,90x2,10	1,20x2,40	1,20x2,40	2,70x2,40	
Orientation	R	R	L	L	L	L	
Door sill height	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	0,00	
Door head height	2,10	2,10	2,10	2,40	5,40	2,40	
2D Symbol							
3D Front View							

Fig. 5.21. Vista que combina informació alfanumèrica amb gràfica. Revit pot fer el mateix però d'una manera molt més manual. La configuració de les taules és senzilla però potent alhora.

Com era d'esperar, ArchiCAD gaudeix d'una interface força més assistida per a la creació de taules que sovint facilita la feina i resulta menys crítica a l'hora de modificar-la. Cal destacar que uns dels camps disponibles per als llistats és la de les diverses representacions gràfiques de l'objecte en qüestió (planta i alçats), cosa que facilita molt la creació de llegendes. En Revit, les llegendes són uns elements a part que es poden combinar amb taules, però que cal crear manualment. Estan destinades a crear llistes de components en què aquests es mostrin de manera gràfica. Per contra, a les grafies dels objectes es poden combinar amb informació textual que s'hi refereixi automàticament. Per exemple, es poden afegir etiquetes que indiquin els materials de diverses parts d'un objecte o de les capes d'una tipologia de mur.

El que no sembla que sigui capaç ArchiCAD és incloure camps en els que aparegui un valor calculat des d'una formula que inclogui els valors d'altres paràmetres. Tot i que per defecte

inclou molts paràmetres que en sí ja ho són, com ara volums, àrees, etc, i en major quantitat que Revit, no es pot cobrir d'aquesta manera una eventual necessitat de càlcul.

Pel que fa a la connectivitat amb aplicacions de control de costos, val a dir que ArchiCAD actualment ja es connecta de manera eficient amb dues solucions molt implantades a Espanya: Presto i Arquímedes. També es pot exportar la informació en diversos formats, entre ells DWF, cosa que permet incloure'n la part gràfica. La raó per la qual no ho exporta directament en DWG és un misteri.

Per últim, cal comentar que la comunicació amb el model és bidireccional i, com amb les plantes, instantània, fet que és lògic, ja que es visualitza i edita la base de dades en sí mateixa.

5.4.13 LÀMINES

El navegador d'ArchiCAD té quatre pestanyes, la de Projecte, on es mostren les vistes gràfiques i alfanumèriques que s'han creat; la de Vistes, en les que s'ordenen, a gust del dissenyador, les vistes desades a partir de les anteriors; la de Plànols, on es creen les làmines que contindran les vistes desades; i la de Publicació on s'organitzen conjunts de plànols i vistes i es publiquen, ja sigui enviant-los a una impressora o convertint-los a un altra format, sobretot PDF.

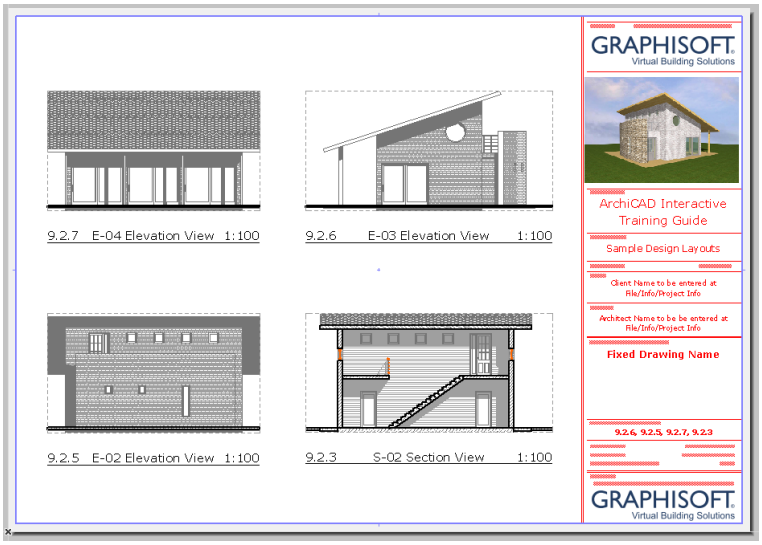


Fig. 5.22. Làmina d'ArchiCAD, les vistes triguen una estona en actualitzar-se, ja que són representacions bidimensionals.

La gestió dels plànols està molt ben plantejada en aquest programa. Com en el cas del navegador de vistes, en el navegador de làmines es poden organitzar aquestes en estructures de carpetes i ordenar-les com es desitgi. Cada làmina surt a partir d'unes làmines de plantilla, anomenades "Master Layouts". Equivalen a les famílies de làmina de Revit, i, com passa en aquell, si en canvia la plantilla, es canvien totes les làmines que la utilitzen.

Pel que fa a la resta de característiques, el seu modus operandi és l'habitual, s'insereixen les vistes sobre la làmina tot arrossegant-les del navegador de vistes. En principi aquestes insercions s'actualitzaran quan ho facin els seus orígens, però es pot operar de forma manual,

per tal d'assegurar-se que, passi el que passi, el plànol no variarà. També com es habitual, es pot escollir entre diverses maneres de representar la crida (amb o sense l'escala, per exemple), així com el seu enquadrament o el conjunt de plometes a emprar. Això és realment útil, ja que podem disposar de plànols on aparegui exactament la mateixa vista però amb gruixos diferents, sense necessitat de duplicar-la prèviament. Val a dir també, que ArchiCAD és perfectament capaç d'inserir una vista en més d'un plànol al contrari que Revit, que, incomprensiblement, necessita crear una vista per a cada aparició publicada.

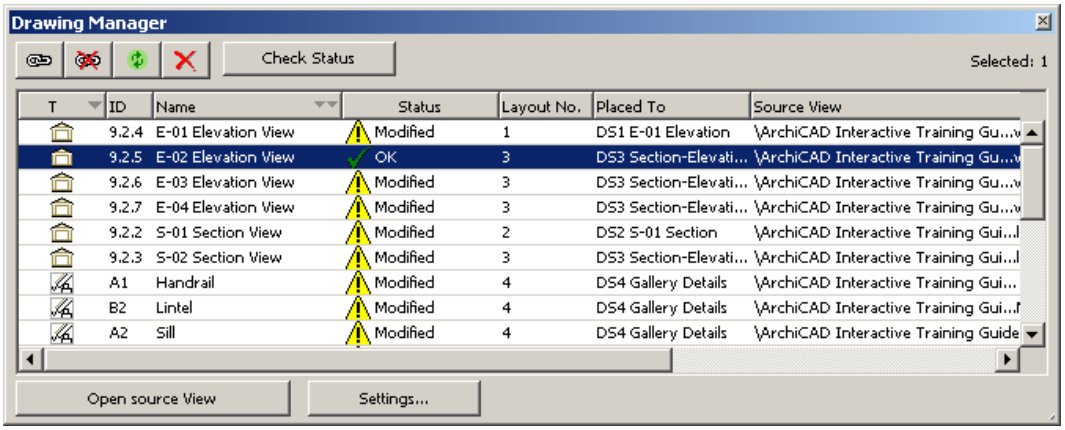


Fig. 5.23. Gestor dels dibuixos de les làmines. Es centralitza la seva actualització o desvinculació de les vistes de les que provenen. Revit és molt més radical en aquest aspecte, ja que totes les vistes s'actualitzen automàticament.

5.4.14 PUBLICACIÓ

Aquesta eina, inexistent com a tal a Revit, és d'un gran potencial, ja que permet configurar conjunts de publicació en els quals es seleccionen els plànols o vistes que es volen publicar. Per a cada conjunt es configura el seu destí, que pot ser una impressora, però també un altre format d'arxiu. Entre ells, es troba el PDF, de tal manera que podem, molt fàcilment, exportar tota la informació d'un projecte a un únic arxiu PDF sense necessitat de llençar-lo a un traçador PDF i re-editar-lo manualment. També hi ha la possibilitat d'exportar a DWG. Així, podem tenir un conjunt de publicació que contingui les vistes (o plànols) que compartim amb un col·laborador d'una alta disciplina (enginyer d'instal·lacions, per exemple) i anar actualitzant la seva informació base. Si aquest empra la nostra com a referència externa, s'assegurarà de comptar sempre amb l'última versió de la nostra disciplina encara que no treballi amb una aplicació BIM totalment compatible.

Un altre avantatge és que podem tenir un mateix conjunt de plànols preparat per a ésser imprès en paper o convertit a PDF sense necessitat d'aplicar cap canvi a les làmines en sí.

Revit també permet imprimir i exportar els plànols o les vistes de manera automatitzada, però el seu plantejament no és tan unitari ja que ambdues tasques es fan des dos comandaments diferents: imprimir i exportar. El que passa és que tant en un cas com en un altre seleccionarem les vistes o làmines manualment o a través d'un conjunt de selecció previ (similar al conjunt de publicació) que podrà ser emprat tant en un cas com en un altre. La diferència està en que, en aquest cas, necessitem la impressora PDF per a crear un fitxer en aquest format i que el conjunt de selecció consisteix en un llistat extensiu de totes les vistes i plànols

del projecte en el qual es marquen les desitjades i no en una estructura ordenada i filtrada a gust de l'operari.

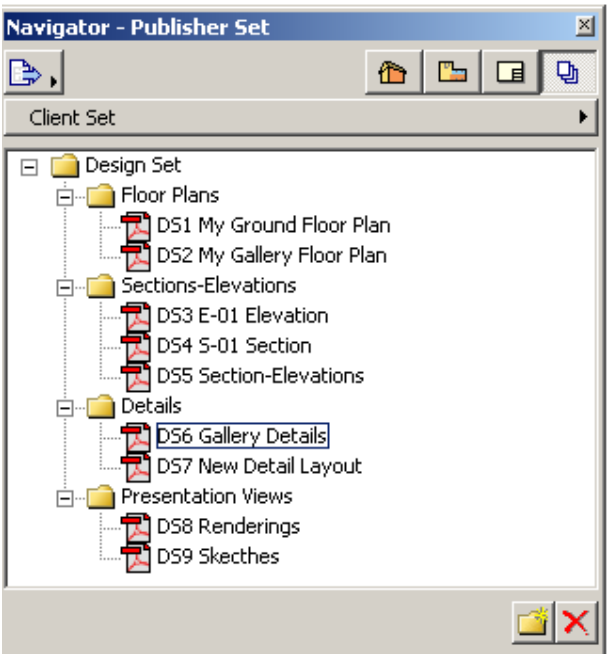


Fig. 5.24. Conjunt de publicació per a una exportació en PDF de determinats plànols. Fàcilment es poden desar conjunts d'exportació per a col·laboradors, plotejat, etc.

AutoCAD també té una eina per "publicar" els plànols, sigui imprimint-los o convertint-los en DWF, però no resulta, ni de bon tros, tan segura i clara com la d'ArchiCAD.

Finalment ArchiCAD, igual que Revit, no permet desar les configuracions de les impressores en fitxers independents (els clàssic PC3 d'AutoCAD). El cert és que no es troba a faltar, ja que les impressores actuals són molt menys crítiques en aquest aspecte que fa uns anys (quan hi havia grans diferències entre les prestacions d'un model o un altre) i el control de la impressió es realitza des de la pròpia configuració de la làmina.

5.4.15 RENDERING

Com Revit, ArchiCAD disposa d'un renderitzador de Raytracing d'una qualitat molt acceptable, les textures es controlen des de la definició dels materials i es poden orientar de manera dinàmica sobre el mateix model tridimensional, però no admeten gaires sofisticacions. No obstant, podríem dir que els resultats més immediats tenen un aspecte prou adequat. A més, disposa de quatre motors de renderitzat un dels quals crea imatge a l'estil d'esboços manuals molt aconseguits i l'altre unes imatges amb una qualitat lumínica molt bona, sobretot si tenim en compte el poc temps que triga en calcular-les. També hem de recordar que el mode de visualització texturitzat de les vistes tridimensionals empra les mateixes textures que els motors de renderitzat i que això, combinat amb la possibilitat de passejar-se per l'edifici des d'una vista en primera persona, converteix ArchiCAD en una plataforma de realitat virtual bàsica.

Per altra banda, ArchiCAD es pot connectar amb l'aplicació Cinema 4D (ara també propietat de Nemetschek) la qual representa una excel·lent opció per al renderitzat de models arquitectònics.

Quan el comparem amb Revit, veiem que integra el motor de renderitzat d'Accurender, més limitat que el d'ArchiCAD i amb un rendiment força pitjor. Tot i que és capaç de fer càlculs de radiositat, el resultat final no paga gaire la pena tenint en compte el temps que hi inverteix. No obstant, la connexió amb la versió actual de 3Dstudio Max és absolutament transparent i aquesta aplicació sí que resulta molt més adequada.

5.4.16 CONCLUSIONS

El sistema d'organització de les diverses vistes que permeten editar el model global és, en la seva essència, molt similar al de Revit. La diferència essencial està en el fet que Revit només disposa del navegador de projectes, el qual dona accés a tots els aspectes del projecte. ArchiCAD en canvi, estratifica la informació en quatre nivells ordenats jeràrquicament: Projecte, Vistes, Làmines i Publicacions. Cadascun d'ells s'allunya progressivament del nucli de la base de dades, tot donant la possibilitat d'interrompre en ells la transmissió dels canvis efectuats al model. Revit, en canvi, té un plantejament molt més radical ja que el model s'expressa tal com és indefectiblement en qualsevol mena de Vista. Segurament el plantejament no tant automatitzat d'ArchiCAD provingui de l'època en que, senzillament, era inviable actualitzar tots els canvis a totes les vistes de manera automàtica i instantània. Així, l'usuari simplement s'acostumava a organitzar les làmines o inclús el projecte amb algunes vistes que sabia que no estaven perfectament actualitzades però de fet ja tenien la informació que li interessava. Revit és capaç de fer-ho perquè simplement no crea vistes, sinó que mostra el model a través d'un sistema gràfic avançat que permet visualitzar-lo seccionat i amb un grafisme adequat a les necessitats de l'arquitecte.

Per altra banda, ArchiCAD deixa molt espai al retoc individualitzat de les característiques gràfiques dels elements que conformen l'edifici, ja que per modificar-les, no cal crear-ne una nova família. De fet, no empra famílies per als objectes tipus hoste (murs, forjats i cobertes), amb la qual cosa la flexibilitat tipològica encara és major. Per tal de mantenir-ne el control gràfic i topològic compta amb sistemes per a copiar els paràmetres d'un exemplar a un altre, així com efectuar seleccions en base a ells o desar-los formant paquets de configuració (que anomena "favorits"). Revit, en canvi, és més limitat en les possibilitats del control gràfic al detall, tot i que el seu sistema de superposició de paràmetres és quasi impecable. Això és així perquè la majoria d'ells estan controlats per materials, els quals, com és natural, es representen sempre de la mateixa manera. Tot i que és possible aplicar *overrides* locals (que poden solucionar alguns casos particulars i que són d'una gran potència per a altres casos), no té el plantejament detallista d'ArchiCAD. El plantejament de Revit és el de tractar l'edifici com una veritable base de dades i per tant, ha de ser el més coherent i homogènia possible, per tal de poder treure'n el màxim rendiment.

Pel que fa a l'accés al model a través de la seva base de dades, trobem que des del punt de vista de les seves representacions està més desenvolupat, però, en canvi, el control, dels aspectes gràfics dels objectes no està, ni de bon tros, tan racionalitzat com en el cas de Revit.

Exemple d'això és el comentat en els paràgrafs anteriors, però també ho és l'ús de plometes o de capes.

En definitiva, ArchiCAD manté vincles amb el CAD literal, cosa que, per cert, també fa Allplan (com es veurà en el següent capítol) però alhora aplica la majoria dels principis el BIM, tot i que no amb la disciplina de Revit. Per això, segurament s'acceptaria millor entre els arquitectes, tot i que l'escull que representa l'haver de programar les noves famílies d'objectes no hostes en podria allunyar.

5.5 MODELAT DE LA INFORMACIÓ DE L'EDIFICI

En aquest tema s'analitza la forma amb que ArchiCAD estructura la informació del seu model i les possibilitats que dóna a l'usuari en quant a la personalització de les característiques dels elements que la conformen.

5.5.1 TECNOLOGIA D'OBJECTES

Al igual que Revit, ArchiCAD empra famílies d'objectes classificats segons categories, tot i que no empra el terme "famílies" per a referir-se a ells sinó simplement "objectes". La seva visualització no està tan lligada a elles com en el cas de Revit. ArchiCAD té un bon nombre de categories diferents d'objectes, que serveixen per a controlar-los sobretot a nivell de llistats i de interacció entre ells.

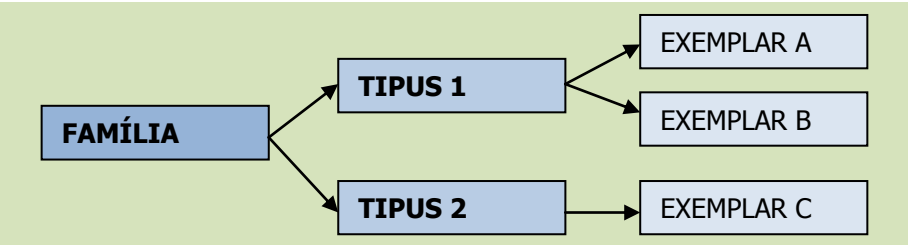


Fig. 5.25. Jerarquització de famílies d'objectes paramètrics segons Revit. Els exemplars A i B poden ser diferents si la família conté paràmetres d'exemplar.

Tot i que no empra el terme família per a referir-se a un objecte paramètric del qual hi ha diversos tipus, el seu us és perfectament equivalent. Per això, emprarem la nomenclatura de Revit per a referir-se als objectes paramètrics en general. Cada objecte (Família) pot tenir preconfigurats conjunts de paràmetres (Tipus), però sovint actuen més com a exemplars individuals (Exemplar), ja que, per una banda, les famílies de sistema no poden contenir definicions de tipus i, per l'altra, les famílies de components només contindran tipus si estan especialment configurades per a tenir-los. En cas contrari, tots els paràmetres seran de tipus instància. Així, les famílies de mobiliari acostumaran a tenir tipus preconfigurats, mentre que les de finestra, per exemple, acostumaran a no fer-ho.

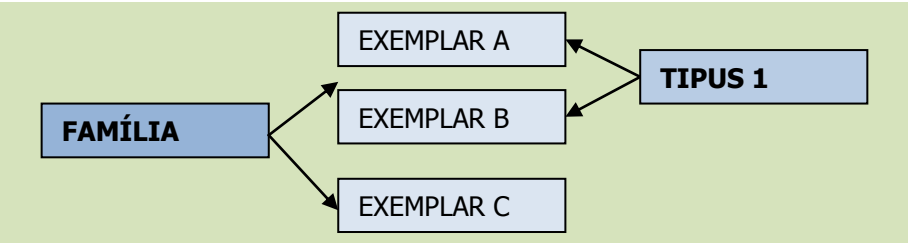


Fig. 5.26. Jerarquització de famílies d'objectes paramètrics segons ArchiCAD. La seva estructura permet, configurar independentment els exemplars de cada família. Els tipus és una superestructura que es pot crear per a controlar o no grups d'exemplars de la mateixa família.

Aquesta és una diferència important ja que, mentre que en Revit no podrem canviar el nombre de capes d'un tipus de mur sense afectar els altres, en ArchiCAD, podrem fer-ho aïlladament

per a cada tipus de mur. Per contra, aplicar canvis a tot un conjunt de murs serà molt més senzill en Revit, ja que només caldrà editar el tipus en qüestió, mentre que en ArchiCAD, haurem de fer servir la seva potent, però complexa, eina de selecció filtrada per a seleccionar tots aquells tancaments amb les propietats escollides. Podríem dir que Revit té una estructura de la base d'objectes molt rígida i clara jeràrquicament, mentre que ArchiCAD resulta més flexible, per al bo i per al dolent.

5.5.2 CONTROL PER CATEGORIES

Tot i que ArchiCAD classifica internament els objectes segons un gran nombre de categories, anomenades "subtipus". No obstant, aquesta classificació només resulta vinculant quan es creen les famílies paramètriques, ja que les seves característiques gràfiques estan configurades pels paràmetres de cadascuna d'elles.

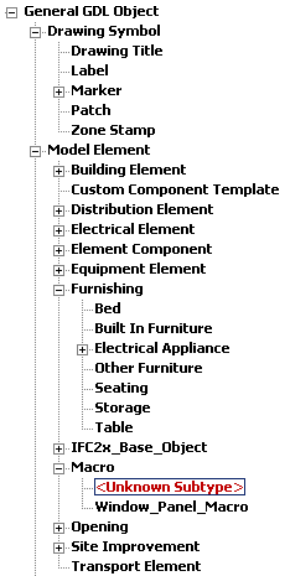


Fig. 5.27. Part de l'arbre de classificació segons subtipus, equivalent a les categories de Revit.

Les capes només serviran per a controlar la visibilitat o el bloqueig de cada element. Per altra banda, tot i que, per defecte, cada subtipus d'objecte es col·locarà en una capa determinada, podrem crear capes personalitzades i situar-los en aquestes.

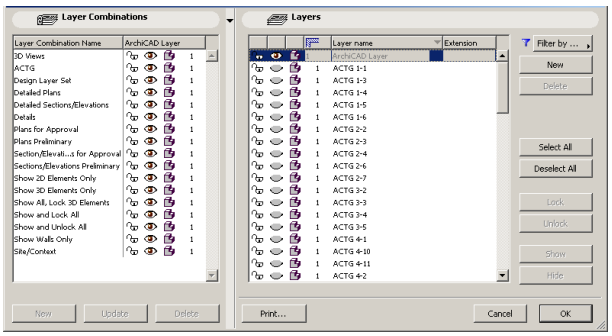


Fig. 5.28. Sistema de capes d'ArchiCAD; l'altre element configurador del grafisme seran les plometes

Al contrari que Revit, doncs, la visualització i el grafisme no està controlat per un únic sistema basat en les categories dels objectes, sinó que està dispers en diferents eines específiques. El més semblant al control de Revit segons categories és la ja comentada eina de configuració de la visualització del model, perquè que s'aplica segons la mena d'objectes que es mostrin en la vista.

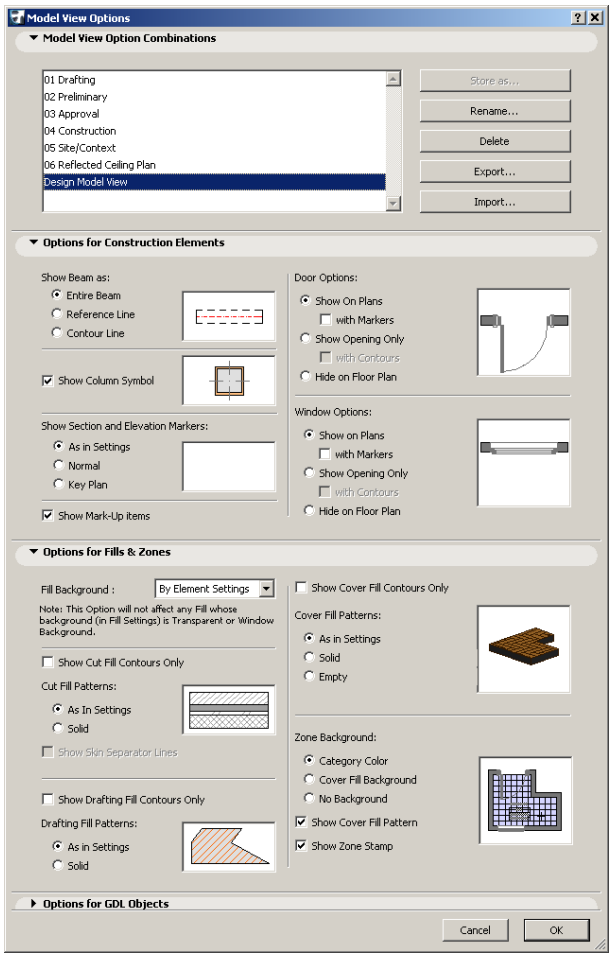


Fig. 5.29. Quadre de configuració de les opcions de visualització del model. Permet aplicar alguns canvis a determinades categories d'objectes.

Però encara resulta més diferenciador comprovar que els valors de línea no estan tampoc vinculats a les categories i subcategories, ni tan sols a les capes, sinó que estan assignat a cada element gràfic en qüestió a través de l'establiment de la seva plometa d'impressió (veure capítol de Visualització). Aquest sistema redueix la necessitat d'emprar capes diferents, ja que el valor de línia és independent d'elles, cosa que no passa amb aplicacions com AutoCAD, però en canvi, permet controlar al detall el grafisme de cada objecte. Revit, per contra, ofereix un sistema molt més centralitzat però menys detallista, tot i que les funcionalitats dels *override* de les últimes versions han permès millorar aquesta deficiència.

5.5.3 INTERACCIÓ DE FAMILIES SEGONS LA SEVA CATEGORIA

Com qualsevol aplicació BIM, la categoria dels objectes impacta de manera decisiva en la forma en què els objectes interactuen entre ells i en les seves possibilitats d'edició.

Revit decideix com interactuen els objectes que componen el model de l'edifici llegint la categoria a la qual pertanyen, característica clau que diferencia els objectes entre sí. La categoria d'un objecte resulta decisiva en els següents aspectes:

- ***Visualització dels elements***. Només una petita part del sistema de visualització està basat en les categories. La resta es controla mitjançant l'ús de capes.

- ***Elecció dels hostes on es poden inserir famílies de components***. Quan es crea un objecte GDL es selecciona la categoria a la qual pertany, això delimita les famílies amfitriones que el rebran.

- ***Jerarquia i possibilitats d'unió de famílies***. ArchiCAD uneix les famílies de sistema emprant un operador booleà totalment configurable que no té en compte la jerarquia de les categories.

- ***Opcions relatives a la creació de famílies.*** Com per exemple, la restricció d'esser sempre vertical o la d'orientar-se segons el pla de treball actual.

- ***Detecció de conflictes***. La versió MEP d'ArchiCAD és capaç de detectar interferències entre els sistemes d'instal·lacions i els arquitectònics, però no entre els objectes d'aquests últims.

5.5.4 FAMILIES DE SISTEMA, DE COMPONENT I IN-SITU

Com ja hem dit, ArchiCAD distingeix entre famílies de sistema i de component. Les primeres són aquelles els paràmetres de les quals estan preestablerts i les segones, les que es poden configurar a mesura de cada necessitat. Pertanyen al primer grup elements com els murs, els sostres, les cobertes, els pilars, les escales, etc. Però també d'altres de naturalesa no formal com les cotes o les seccions. Al segon grup, en canvi, pertanyen elements que s'entenen més independitzables com ara portes, finestres, etiquetes, etc.

· Famílies de sistema

Les prestacions i plantejaments principals de les famílies de sistema d'ArchiCAD són molt semblants a les de Revit; ambdues no es creen de manera totalment personalitzada, sinó a través d'unes eines que tenen unes possibilitats específiques. Les diferències apareixen en la línia del que hem estat veient fins ara. Mentre que Revit gaudeix d'organització molt centralitzada de configuració de cadascun dels tipus de família, ArchiCAD és més dispers alhora que més elàstic en els aspectes gràfics. Mentre que Revit busca la màxima eficiència en la creació d'objectes amb la flexibilitat justa, ArchiCAD busca poder emmotllar-se les necessitats

gràfiques de cada usuari. No obstant, també s'ha de dir que, des del punt de vista formal, Revit supera les possibilitats de modelat d'ArchiCAD en famílies d'aquesta mena.

Una altra diferència és que les famílies de sistema d'ArchiCAD no es configuren en torn a tipus, sinó que tots els objectes són exemplars independents. En les famílies de component, aquesta característica és opcional, de tal manera que ens trobarem que la majoria d'objectes de la base del model BIM són exemplars que depenen directament de la seva definició de família. Això fa que l'edició global d'un determinat tipus d'objecte no existeixi com a tal, tot i que es pot efectuar a través de la selecció d'objectes filtrant les seves característiques.

Finalment, tot i que en principi, les famílies de sistema no es desen en una llibreria externa, mentre que les altres sí, ArchiCAD permet la creació d'objectes de component de les categories de les famílies de sistema, fet que permet obtenir quelcom semblant a les famílies in-situ de Revit.

· **Famílies de component**

La resta de famílies són de component, és a dir, estan pensades per a representar objectes que es solen inserir en un projecte de manera repetida i que a més, són susceptibles de ser emprades en altres projectes com a component predissenyat. També es poden entendre com a elements susceptibles de ser prefabricats en la fase d'execució de l'obra. És el cas de les peces de mobiliari i de portes i finestres, però també de les escales (fet que el diferencia de Revit, on les escales són famílies de sistema). Mentre que aquest planteja les escales com un element paramètric de sistema modelat in-situ en cada projecte (tot i que els tipus generats es poden passar a d'altres), ArchiCAD les tracta com a elements prefabricats que es configuren i s'insereixen en el projecte. Com a tal, resulta millor el plantejament de Revit, ja que permet adaptar més fàcilment la geometria de l'escala als tancaments adjacents, sobretot si no són regulars. El problema de Revit és el baix nivell de previsualització que ofereix en la creació d'aquests objectes. ArchiCAD, en canvi, disposa d'un assistent per a la seva generació paramètrica que ajuda molt a la seva creació i d'unes famílies preconfigurades força més amigables.

Però la principal diferència està en l'estratègia de creació de les famílies de component. Recordarem que Revit té una estratègia única basada en el modelat d'objectes paramètrics amb entitats bidimensionals i sòlides que es desen en arxius independents. El seu entorn de treball és idèntic al que s'empra per modelar tot el projecte. En canvi, ArchiCAD empra dues estratègies ben diferents però que es poden relacionar entre elles.

La primera, la més simple, consisteix en modelar l'objecte a base de famílies de sistema emprades com si fossin cadascuna de les parts de l'objecte. Per exemple, per a crear una taula, modelarem el taulell amb un forjat molt prim i els materials adequats. Les potes, en canvi, poden ser modelades com a sostres molt gruixuts i amb poca extensió o fragments de parets molt curts. D'aquesta manera, s'estalvia l'ús d'entitats de modelat autònomes en forma de sòlids. A la pràctica, aquest sistema no resulta tan estrany; la manera de crear un sostre és exactament equivalent a la de modelar un sòlid per extrusió perpendicular al seu perfil. Un mur, en canvi, pot emular una extrusió d'un perfil per un carril.

Els components, doncs, es generen en l'espai de treball del projecte, com si fos un bloc d'AutoCAD, i es desa posteriorment com a component. Les limitacions d'aquest sistema són dues; per una banda, no es poden afegir paràmetres a aquesta mena de famílies (almenys a priori) i, per una altra, el control posicional dels objectes és molt limitat, ja que ArchiCAD només pot treballar en relació als nivells (sempre horitzontals). No disposa d'un sistema de coordenades orientable tridimensionalment ni de plans de referència de Revit. Per alta banda, el modelat és força menys intuïtiu i interactiu en comparació a mètodes més tradicionals.

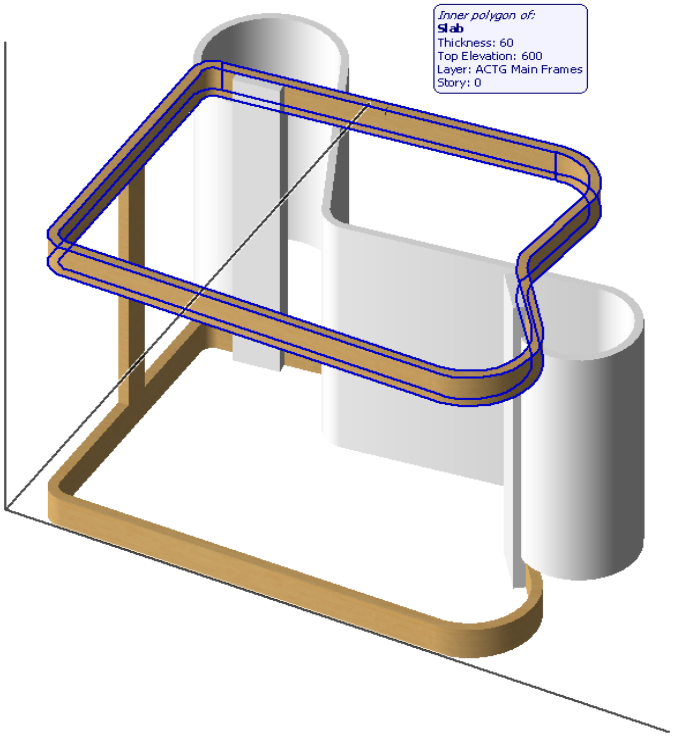


Fig. 5.30. Modelat d'una cadira en l'espai de treball del projecte. Està formada per famílies de sistema de forjat creats a partir dels perfils de les peces. També es podria haver generat a partir d'entitats de mur. L'objecte esta tombat de costat per a poder modelar les peces.

En canvi, la primera limitació té una solució parcial, ja que els objectes creats d'aquesta manera es poden editar per a accedir al seu codi de programació, buscar els fragments relacionant amb cada una de les peces i afegir-hi paràmetres dimensionals, de material, o de qualsevol altre mena. El problema és que el codi no es tan net com quan es crea de nou i resulta molt més complicat establir relacions complexes entre objectes. No obstant, és un sistema molt eficient per a crear components senzills que no precisen d'una gran parametrització i que també serveix per a crear obertures, tan si son portes com finestres, tot i que amb algunes limitacions, es clar.

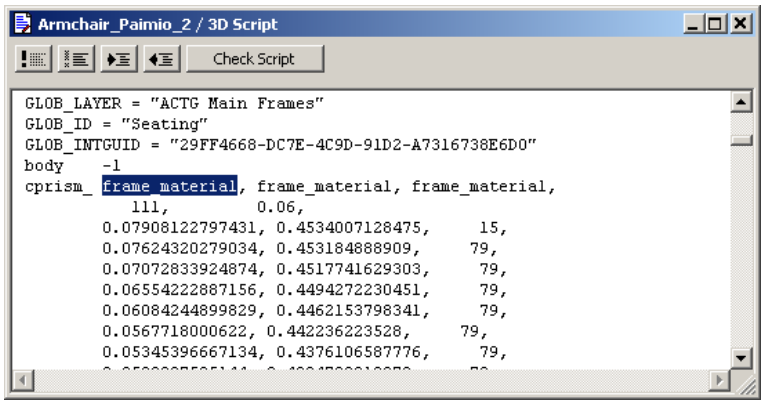


Fig. 5.31. Codi d'un model tridimensional en el qual s'ha afegit el paràmetre "frame_material" que defineix el material de cadascuna de les cares del prisma. Com es pot veure, les coordenades que defineixen el seus punts tenen molts decimals al estar capturades d'un element modelat in-situ.

L'altre mètode, molt més controlat, es basa en emprar un llenguatge de programació propi, el GDL, per a la creació dels objectes paramètrics. S'empra un entorn de treball diferent basat en un quadre de diàleg que dóna accés a les diferents rutines de generació del component. A través d'elles es defineixen tots els seus aspectes, dels quals destaquen la visualització en planta de l'objecte, la tridimensional (que també serà la que s'emprarà en els alçats i seccions), els paràmetres que el regiràn, la imatge de previsualització, i altres, entre els que hi ha la pròpia interface de configuració de l'objecte (característica que el diferencia de Revit, on la interface és sempre la mateixa)

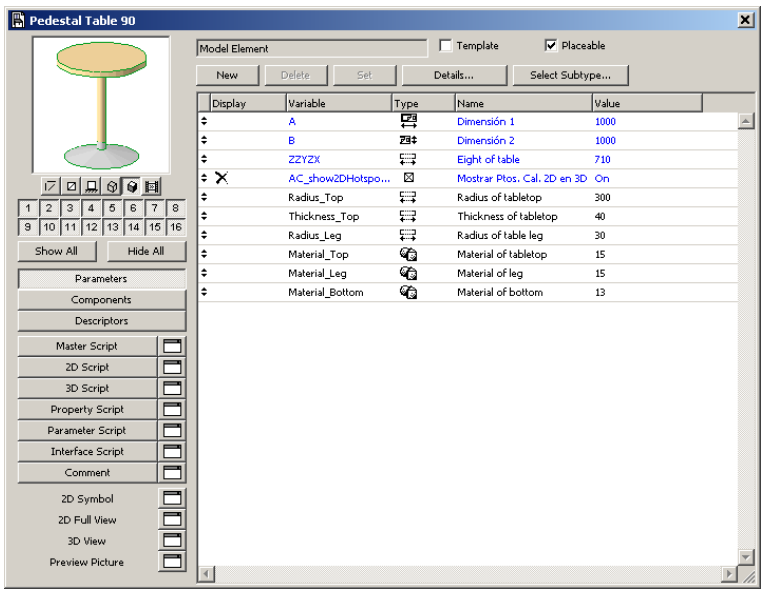


Fig. 5.32. Quadre general de control i generació d'un objecte paramètric. És el mateix que apareix quan s'edita un objecte creat in-situ amb el mètode anterior.

Els scripts de generació de les formes bidimensionals i tridimensionals s'executen de forma seqüencial, com a qualsevol altre script. Així, hi podem emprar estructures molt familiars en el camp de la programació com son els bucles o les crides a subrutines.

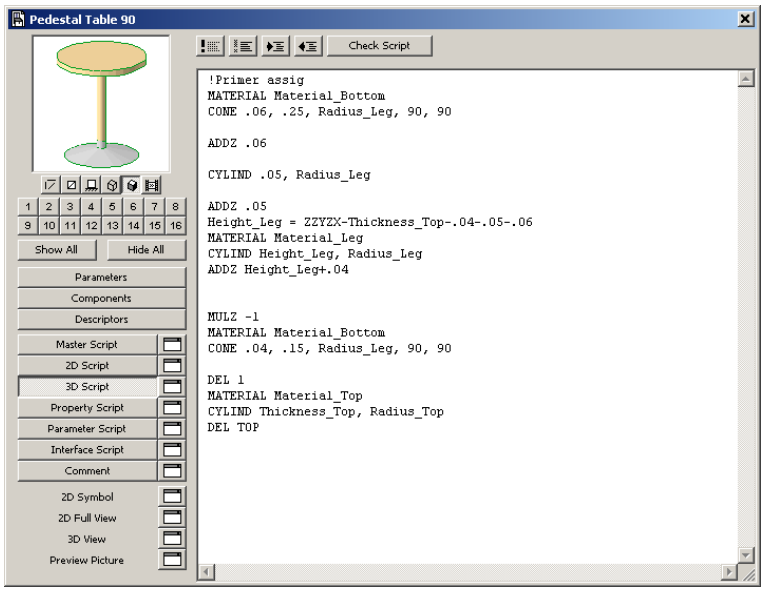


Fig. 5.33. Script que genera la taula de la previsualització.

Amb aquest sistema sí que hi ha un control total del sistema de coordenades, ajudat per tota mena de transformacions espacials, de tal manera que no és difícil situar objectes en relació a d'altres o modelar-los en posicions obliqües. El cert és que amb aquest sistema, la parametrització és força senzilla i sobretot molt controlable i editable amb posterioritat ja que la influència de cadascun dels paràmetres es defineix de forma molt manual. En Revit resulta difícil editar la parametrització dimensional un cop creada, especialment si està encadenada a altres paràmetres. Per contra, el procés de generació dels objectes és molt més lent i menys intuïtiu que el de Revit. El pitjor és que la introducció de cada punt també és manual i tasques tan simples com introduir una polilínia requereixen diverses línies de codi.

Com en el cas de Revit, el comportament i els paràmetres mínims queden definits per la categoria del objecte, en ArchiCAD "Subtype". Hi ha moltes categories ordenades en un arbre jeràrquic. Cadascuna d'elles té un identificador alfanumèric, o sigui que, com es lògic, la seva descripció es tradueix automàticament segons d'idioma de l'aplicació que s'empri.

Per altra banda, cada objecte es desa en un arxiu separat que queda vinculat al projecte on s'insereix. En principi, si s'edita l'arxiu s'actualitzaran els exemplars inserits en cadascun dels projectes on aparegui, fet que és molt diferent al plantejament de Revit, que sempre és contenidor dels objectes que integren el projecte. L'objecte inserit és doncs, una mena de referència externa. Com a tal, caldrà disposar dels arxius dels objectes a banda del del projecte en sí. Per això se'n poden empaquetar varis en un sol arxiu de biblioteca. De fet, ArchiCAD ve amb una llibreria preinstal·lada amb multitud d'objectes embeguts.

No obstant, si es vol conservar l'autonomia de l'arxiu de projecte, es pot crear un tipus d'arxiu que contingui tots els objectes inserits, a l'estil de Revit. L'arxiu tindrà l'extensió "*.pla" en comptes de "*.pln". El problema és que caldrà tornar a carregar la llibreria general per a tenir accés a la biblioteca per defecte i que el programa sempre tendirà a desar el projecte com a fitxer .pln ja que el seu rendiment és més alt. Per això, sembla que el més raonable és emprar el format .pln i no moure mai la ubicació de la biblioteca de components, tant si estan en forma de llibreria com en forma d'arxiu unitari.

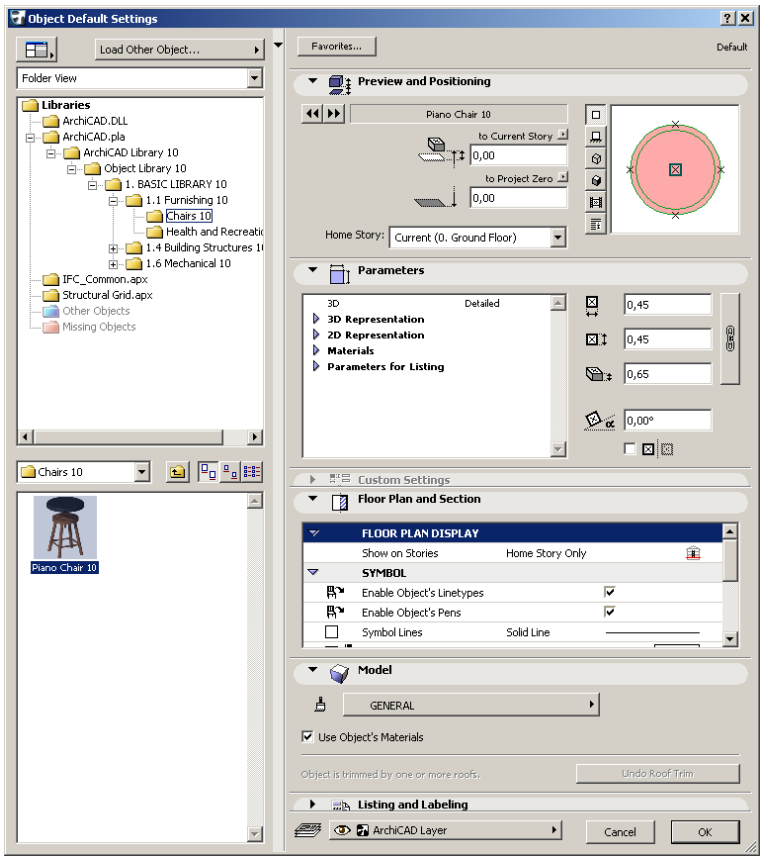


Fig. 5.34. Quadre de configuració d'una família de component; tots els seus paràmetres són d'exemplar.

Totes aquestes operacions de càrrega i descàrrega de components o llibreries es fan amb una eina específica anomenada "Library Manager", la qual permet gestionar tot aquest galimaties amb certa facilitat. No obstant, és indiscutible que el sistema de Revit és infinitament més entenedor i menys vinculant, ja que el projecte sempre manté la seva autonomia, incloent definició de materials, tipus de línea , etc. Només en queden fora els bipmaps dels materials. L'únic inconvenient és que cal actualitzar manualment els objectes inserits en un projecte si s'ha modificat des de fora el seu origen.

· Famílies in-situ

Una família in-situ és aquella que es pot crear en el si del projecte com a exemplar únic per tal de resoldre casos especials. A Revit aquesta figura té molt de sentit, doncs per una banda, permet crear famílies de sistema que no s'acullin als paràmetres predefinits per l'aplicació, com ara murs irregulars, i, per l'altra, crear famílies de component directament, sense haver de passar pel protocol de creació d'una família paramètrica i podent relacionar-lo paramètricament amb qualsevol altre objecte del projecte (per exemple, un taulell a mida per a un espai concret). A ArchiCAD no existeix aquest tipus de família, tot i que ja hem explicat que les famílies de component es poden crear en el mateix espai del projecte, amb l'avantatge que en aquest cas la família sí que queda enregistrada com un objecte extern (se'n genera un arxiu .gsm quan es converteixen les famílies de sistema en una de component).

5.5.5 FAMILIES DE REFERÈNCIA, AMFITRIONES ALLOTJADES I NIADES

Tot i que no empra la mateixa nomenclatura que Revit, ArchiCAD té una estructura de personalització i de dependència molt semblant a les de Revit, tot i que no compta amb les famílies in-situ com a tals. Els avantatges són els habituals; control jerarquitzat i edició conjunta dels elements.

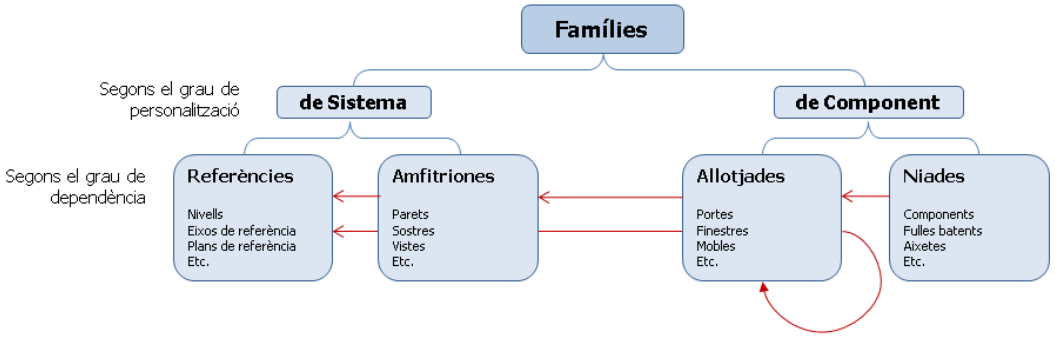


Fig. 5.35. Classificació de les famílies segons el seu grau de personalització i la seva dependència.

· Famílies de referència

Es tracta d'objectes que serveixen per a fer de referència posicional a d'altres. En el context del model ArchiCAD només empra els nivells de referència, als que anomena "Stories". Tot i que disposa d'eixos de referència, aquests no en fan la funció ja que no arrosseguen les famílies amfitriones. En el si de la programació GDL sí que es pot crear qualsevol jerarquia topològica sense cap limitació.

· Famílies amfitriones i allotjades

Si tenim en compte el nivell de subordinació dels objectes veurem com en aquesta aplicació es distingeix entre aquelles famílies que poden ser inserides de forma independent, com ara els objectes de mobiliari i de tancament, de les que necessiten ser vinculades a una altra família per a poder-se inserir, com ara portes i finestres (allotjades). De les primeres, només algunes d'elles podran ser les seves amfitriones.

En realitat quasi totes les famílies són en sí hostes, ja que encara que siguin independents estaran lligades a un nivell de referència, que en el cas de Revit és un objecte en sí, però aquesta precisió s'omet en benefici d'entendre que hi ha algunes menes d'objectes que precisen vincular-se a d'altres per poder ser creats en la base de dades. Aquesta capacitat de vincular-se és més extensa en Revit ja que, a banda dels objectes que necessiten forçosament estar hostejats en una família o pla de treball, se'n poden crear molts més amb l'opció d'enganxar-se d'alguna manera a d'altres objectes. Això es molt útil, per exemple, quan es situen objectes que han d'estar adossats a una paret, com ara els sanitaris, o que han d'estar sobre la superfície d'una rampa, com ara els vehicles.

· **Famílies anidades i receptores**

Tal i com passa en Revit, ArchiCAD també pot efectuar crides a altres famílies dintre d'una família de component. La diferència és que la seva crida i configuració dels seus paràmetres s'ha de dur a terme mitjançant uns scripts específics (veure l'apartat referent a la creació de famílies de component). A Revit, la família simplement s'insereix en la família receptora i es configuren els seus paràmetres per a que equivalguin a uns valors fixos o a uns paràmetres de la família receptora.

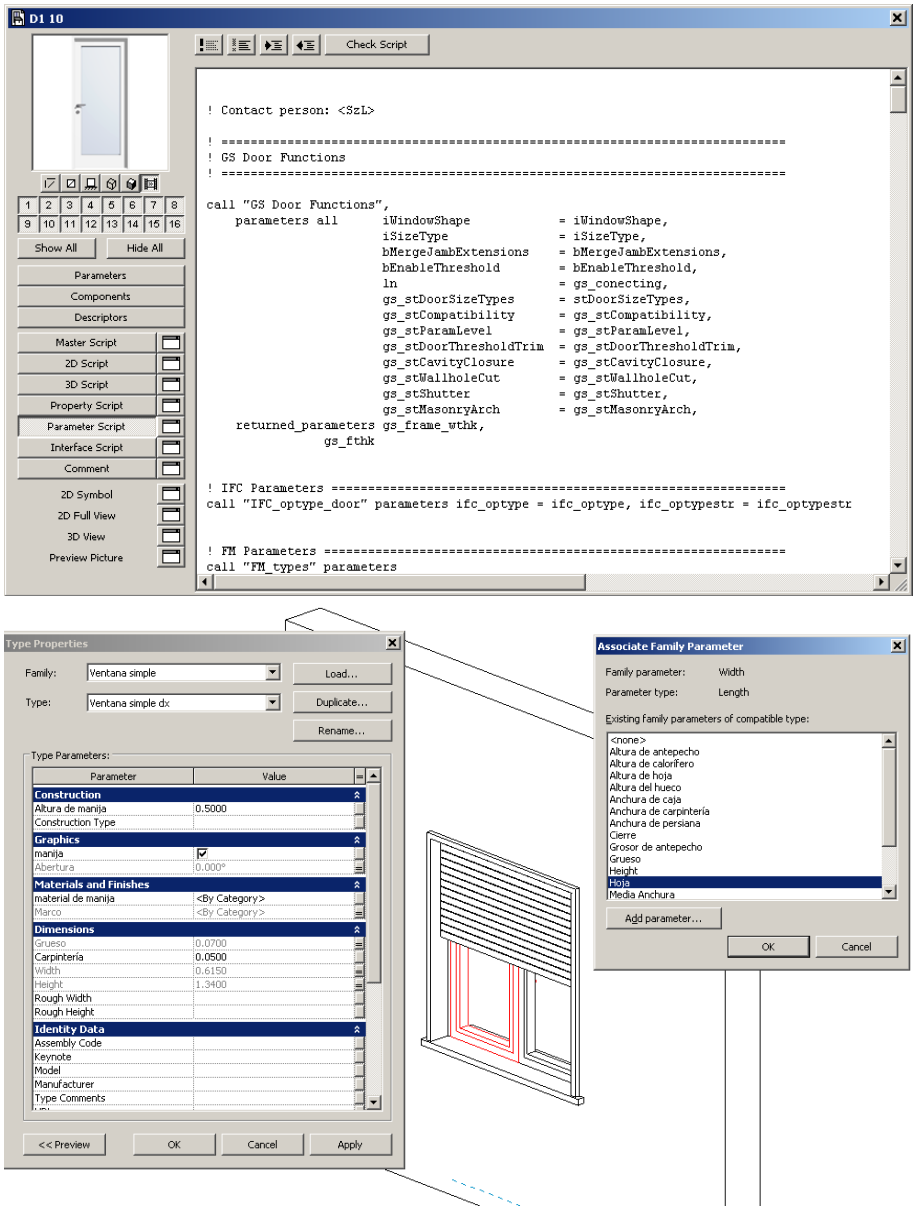


Fig. 5.36. Comparació entre un script que crida a una família anidada que representa la fulla d'una porta d'ArchiCAD (a dalt) i la inserció d'una família en el si d'una altra de Revit (a baix). En ambdós casos s'estableix l'equivalència dels paràmetres de la família anidada i la receptora per tal de fer-los compatibles i controlables des d'aquesta.

5.5.6 FAMÍLIES SEGONS LA SEVA FUNCIÓ

En els apartats anteriors hem vist els diferents tipus d'objectes que empra ArchiCAD en relació a les seves possibilitats de personalitzar la seva topologia i com aquestes es podien relacionar entre elles segons la seva naturalesa. Però des del punt de vista del que representa cada objecte dins del model BIM, podem classificar els objectes en quatre grups, els mateixos que en Revit:

· **Famílies de model.**

De totes les famílies d'objectes paramètrics, les famílies de model són aquelles que representen elements volumètrics, tant si són tridimensionals com bidimensionals. Com ja s'ha pogut deduir, n'hi ha que són de sistema i d'altres de component. La varietat de famílies pot semblar inferior la de Revit, ja que algunes de les famílies que en Revit són de sistema, en ArchiCAD són de component. Però, si es fa un cop d'ull al llistat de categories (subtypes per a ArchiCAD) disponibles per als objectes de component, es veurà que també suporta famílies estructurals i d'instal·lacions.

Com Revit, ArchiCAD també accepta famílies d'altres disciplines pròpies del disseny estructural o d'instal·lacions. A tal efecte només disposa de tres menes de famílies de sistema bàsiques: sostres, pilars i bigues. Per a la resta, cal recórrer a famílies de components.

· **Famílies de vista.**

En l'anàlisi de Revit vàrem veure com cada vista era un objecte en sí. Cada vista de secció, alçat o perspectiva tenia un objecte associat que podia ser seleccionat des de les vistes de planta. Si es volia un duplicat d'una d'aquestes vistes, se n'havia de crear un altra. Per tal de permetre controlar varies vistes des d'un únic objecte hi havia l'opció de duplicar-ne una com a depenent d'una altra. En el cas de les vistes en planta i 3D era diferent, la posició de les primeres estava lligada als nivells i la de les segones era lliure. No obstant totes es configuraven a través de paràmetres similars i com si fossin una família de sistema més.

A ArchiCAD passa quelcom similar, però la gestió de les vistes és més clara, ja que separa els objectes generadors de vistes de les vistes en sí. Així, de cada secció o planta, podrem desar múltiples vistes, cadascuna amb una configuració de visualització diferent, però connectades dinàmicament amb el model. Cada objecte generador de vistes té unes propietats separades de les de les vistes associades. Per exemple, els pisos (stories) definiran els paràmetres de referència horitzontal, mentre que cada vista associada a ells controlarà tot allò relacionat amb la visualització en sí (veure tema corresponent).

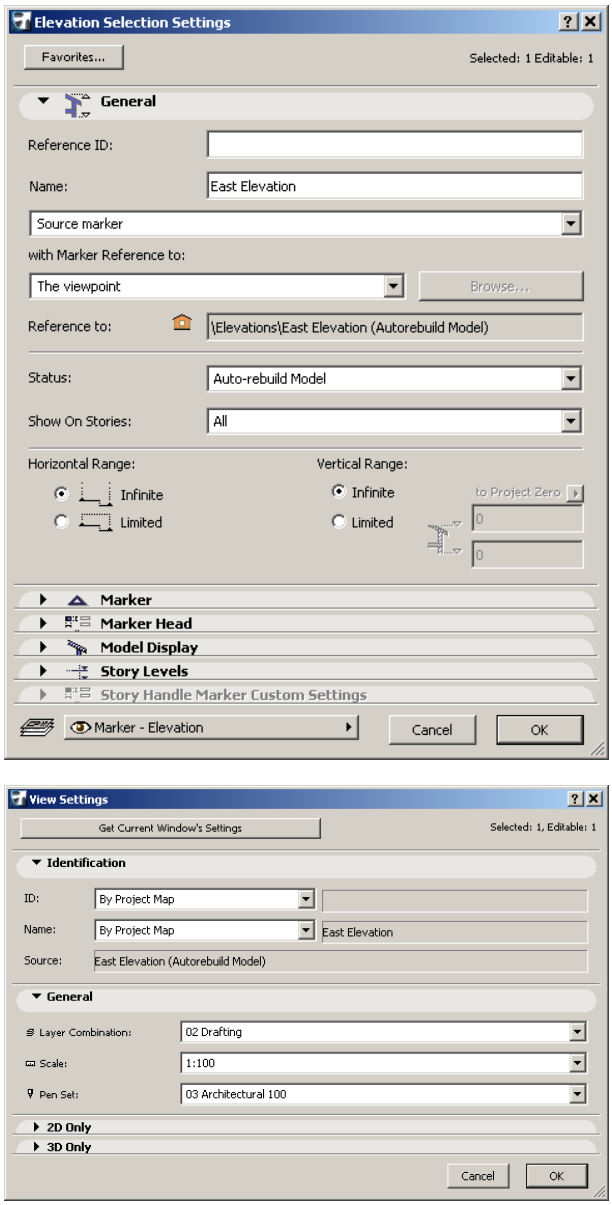


Fig. 5.37. Comparació entre el quadre de configuració d'una secció i del d'una vista generada a partir d'ell.

És diferent al que fa Revit, ja que les propietats de l'objecte vista defineixen directament la vista en sÍ, ja que, vistes dependents a part, cada objecte correspon a una vista actual. Les plantes i les vistes tridimensionals funcionen igual, però els seu objectes no són editables com a des d'una altra vista. Els dos sistemes son bons, però el d'ArchiCAD és més flexible. Llàstima que tot el que té a veure amb la configuració de la visualització de cada vista estigui tan dispers.

· **Famílies de referència**

Es tracta d'objectes que s'utilitzen per servir de referència posicional d'altres. A ArchiCAD trobem els nivells i les reixes estructurals. Els nivells tenen una funcionalitat força equivalent a la de Revit, doncs es tracta de plans de referència horitzontal que regeixen la posició de tots els objectes en relació a cadascuna de les plantes. Les reixes estructurals, en canvi, són més

limitades, doncs no tenen la capacitat d'arrossegar la resta d'objectes, ni tan sols els pilars. Tenint en compte que aquesta mena d'objectes es creen per a controlar les alineacions de tot un edifici, resulta una mica xocant. Tot i que és cert que sovint s'estableixen a principi del projecte i no es tornen a tocar, Revit mostra un clar avantatge en aquest aspecte gràcies al seu motor paramètric relacional que permetria desplaçar tots els tancaments, pilars i cantells de sostres alineats a un eix a través de la seva edició.

· **Famílies d'anotació**

Les famílies d'anotació permeten afegir informació alfanumèrica al projecte més enllà de la que puguin contenir els objectes de model. Pertanyerien a aquest grup els textos (amb totes les seves variants), les etiquetes, les cotes i les zones. Tenen unes característiques molt similars a les de Revit, però amb el seu tarannà amigable habitual. Com a qualsevol BIM, la mida d'aquests elements es mesura en unitats d'impressió i són escalats segons l'escala de la vista on apareixen.

Els textos es comporten de manera molt similar als de Revit o AutoCAD. Simplement es traça un rectangle que delimita el text a introduir. En la versió actual, ja és possible situar textos en vistes tridimensionals

Les etiquetes són objectes de component que es poden personalitzar mitjançant l'edició del seu codi GDL, cosa no gens intuïtiva. Per a les funcions bàsiques, les etiquetes per defecte són útils, però ArchiCAD no té la capacitat de Revit de emmagatzemar qualsevol mena d'informació als objectes i de mostrar-la a través d'etiquetes fàcilment personalitzables.

Les cotes, per la seva banda, no són sempre associatives ja que poden traçar-se lliurement sense vincular-se a cap objecte. Per contra, crear una cota associativa no és tan immediat com en el cas de Revit. Es poden acotar tant les vistes bidimensionals com les tridimensionals.

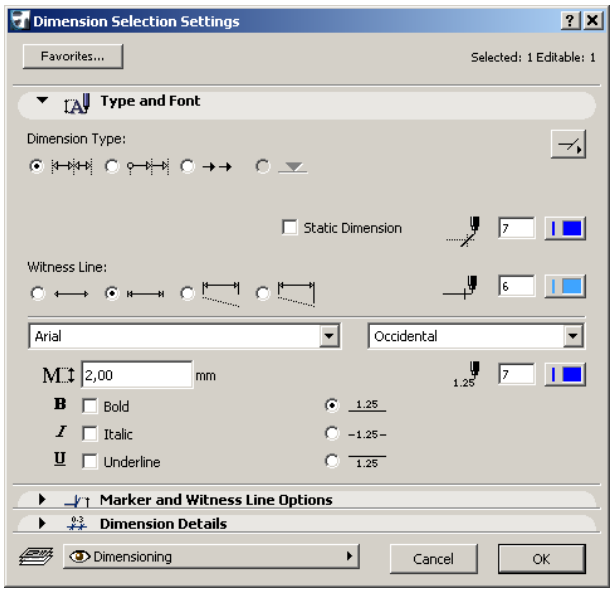


Fig. 5.38. Quadre de configuració de les cotes d'ArchiCAD; contrasta amb el fred quadre de Revit, comú a totes les famílies d'objectes.

Finalment, trobem famílies de zona, equivalents a les de cambra de Revit. Estan destinades a mesurar i qualificar els espais que cobreixen i la seva creació és automàtica a partir de la selecció d'un punt delimitat per tancaments, com a mínim horitzontals. La seva alçària queda definida per un valor vertical i no és capaç d'adaptar-se a un sostre inclinat com succeeix en Revit. Com en els casos anteriors, tot i que la quantitat d'informació que pot contenir és elevada, no es pot personalitzar com el cas de Revit. Per altra banda, només es mostren en les vistes en planta.

· **Famílies de delineació**

ArchiCAD també disposa de famílies de delineació molt similars a les de Revit. Aquestes poden ser emprades en totes les vistes excepte les dinàmiques a fi de completar-les o realitzar detalls constructius.

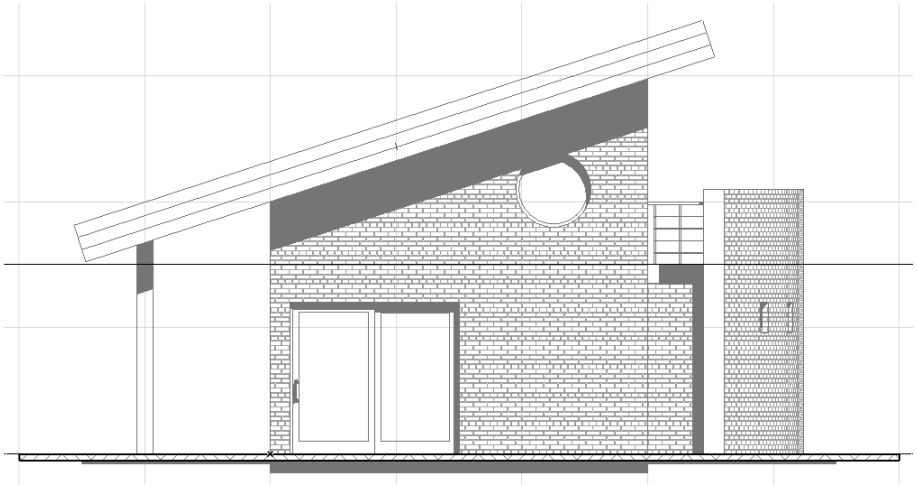


Fig. 5.39. Entitats de delineació superposades en l'alçat per a crear la ficció que el sostre està compost per tres panells. Es tracta d'una estratègia poc recomanable des del punt de vista del BIM i de la Pràctica Integrada.

5.5.7 FAMÍLIES DE MASA

Les famílies de massa de Revit són una categoria especial d'objectes que podríem qualificar de model però també de referència, al poder associar-hi els tancaments verticals. Per altra banda, no funcionen com la resta de famílies, ja que no disposen de tipus i, per tant, sempre es creen com a exemplars únics. La seva funció principal és la de permetre estudiar volumetries per al conjunt de l'edifici per tal de poder-les convertir posteriorment en tancaments.

ArchiCAD no disposa d'aquestes eines i es podria dir que precisa d'altres aplicacions, com ara Sketch-up per a tractar les fases primerenques de disseny. Tot i que el modelador de sòlids de Revit (que és el que fa servir per a crear tots els objectes de model) no és cap meravella, la seva capacitat per a vincular-hi tancaments amb posterioritat el fa molt adequat. Sobretot si amés és capaç d'emprar models provinents d'altres aplicacions com si fossin masses pròpies.

5.5.8 FAMÍLIES DE TERRITORI

ArchiCAD només disposa d'una eina per a modelat més simple de malles, que no permet grans operacions. Revit no és gaire virtuós en aquest tema, però disposa de mecanismes de modelat del terreny per punts i és capaç de mostrar-ne les cotes de nivell. També disposa d'algunes eines de parcel·lació del terreny, encara que els talussos s'han de reproduir indicant punts dels mateixos, cosa que també es pot arribar a fer amb ArchiCAD amb força incomoditats. Està clar doncs, que els de Graphisoft han deixat aquest tema per a les eines auxiliars.

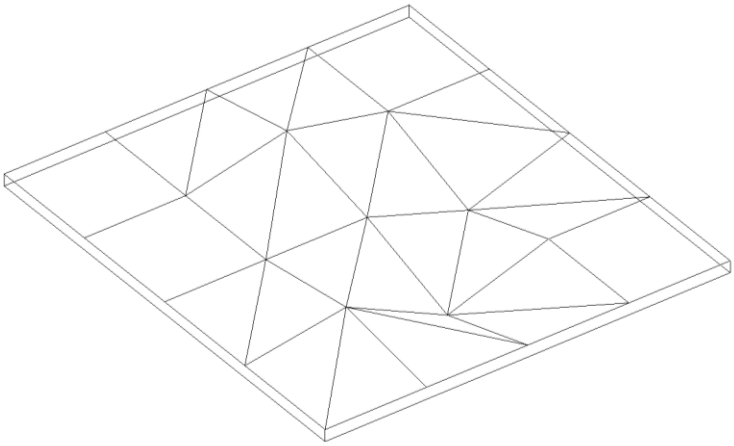


Fig. 5.40. Malla modelada amb ArchiCAD

5.5.9 FAMÍLIES DE CAMBRA

Les cambres en ArchiCAD s'anomenen "Zones" i les seves prestacions són molt similars. Mesuren les característiques espacials dels recintes i poden vincular-se a codis de colors per a representar mapes d'ocupació. Les seves capacitats de càlcul són més adequades que les de Revit, amb eines per a indicar per separat els espais que es descompten de tancaments, estructura i zones d'alçada insuficient.

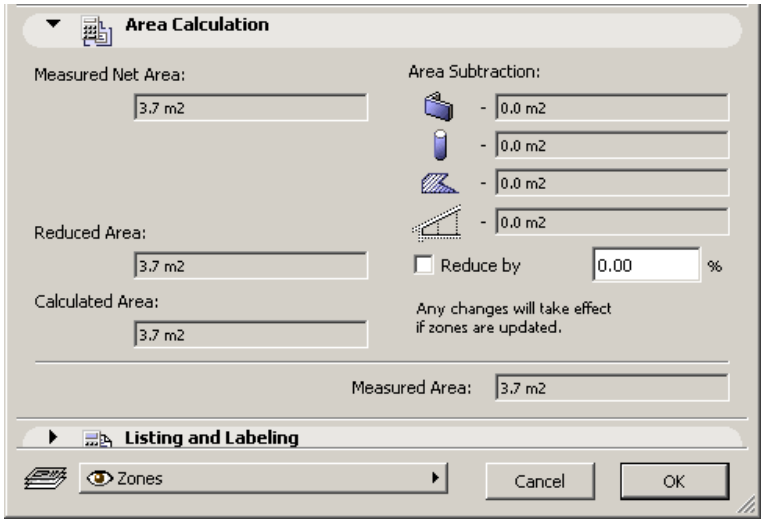


Fig. 5.41. Informació mètrica oferta per una zona.

5.5.10 FAMÍLIES D'ALTRES DISCIPLINES

ArchiCAD està molt orientat al disseny arquitectònic i fins ara no disposava de versions especialitzades en el disseny d'instal·lacions. Tot i que ja s'ha comentat que, en teoria, es podien inserir components amb altres identificadors, l'equip de treball havia d'emprar altra mena de software per al disseny d'aquests elements.

Actualment Graphisoft ja compta amb una extensió per al disseny d'instal·lacions sobre ArchiCAD anomenat "MEP Modeler", el qual sembla força adequat per al modelat d'aquests elements, tot i que, de moment, no en realitza càlculs. La seva funció és doncs la de permetre la coordinació d'aquestes dues disciplines, tant crítica en la fase d'execució. Per aquesta raó, disposa d'un potent detector de col·lisions entre els dos sistemes, molt fàcil d'emprar i amb una interface molt adequada.

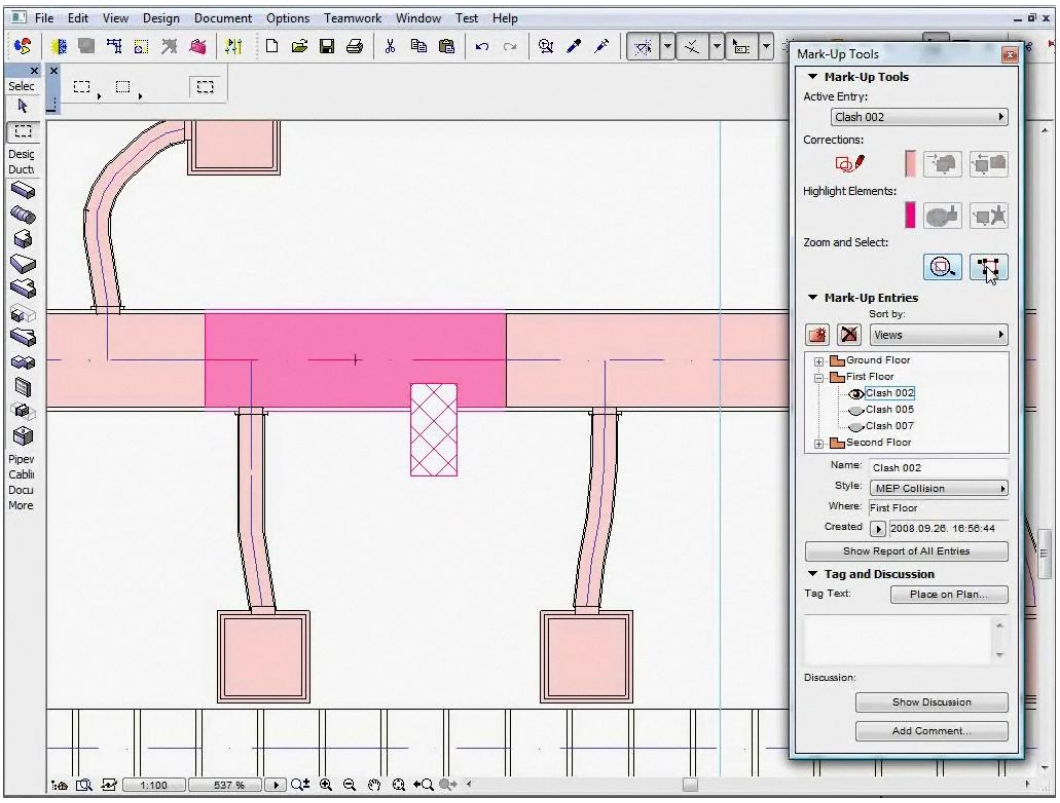


Fig. 5.42. Detecció de col·lisions amb ArchiCAD MEP.

Per altra banda, és capaç d'importar amb absoluta compatibilitat els models d'AutoCAD MEP, prestació que pot automatitzar enormement el flux de treball entre enginyers i arquitectes si aquells empren aquesta eina per al desenvolupament de la seva disciplina.

Per al disseny estructural compta amb dues menes bàsiques d'objectes, els pilars i les bigues, que es sumen als sostres per a modelar qualsevol sistema estructural. Els perfils complexos poden crear-se mitjançant GDL. El seu funcionament no es massa sofisticat, però és suficient per a la majoria dels casos.

5.5.11 IMPORTACIÓ D'OBJECTES D'ALTRES APLICACIONS

ArchiCAD és capaç d'importar geometries bidimensionals en format DWG, tot i que hi poden sorgir algunes petites dificultats, ja que fa temps que Autodesk va deixar de donar accés a seu format (Graphisoft ho aconsegueix amb enginyeria inversa). També és capaç de llegir fitxers de Microstation, així que el tema de la incorporació de plànols realitzats per tercers està ben resolta.

Pel que fa a altres formats, importa tota mena d'imatges i fitxers PDF, la qual cosa resulta extremadament adequada a l'hora d'emprar informació de col·laboradors.

Pel que fa a la importació de geometries tridimensionals, ArchiCAD només és capaç d'importar entitats de malla de fitxers DWG i DGN, però no sòlids, de tal manera que haurà de recórrer a pluguins, com ara els de Cigraf per a modelar objectes amb formes lliures si no es vol recórrer a programar en GDL. També es capaç de connectar-se bidireccionalment amb Maxoform, un modelador avançat de la mateixa companyia.

5.5.12 CONNEXIÓ AMB ALTRES APLICACIONS

A banda de poder incorporar informació en altres formats, sigui afegint-la al model o vinculant-la, una bona aplicació BIM ha de ser capaç de compartir la seva informació amb altres aplicacions especialitzades. Actualment ArchiCAD treu una bona nota en aquest aspecte, ja que es connecta amb programes de control de costos i de càlcul estructural de gran implantació en el mercat espanyol com ara Presto, Arquímedes, Cype CAD i Tricalc. Revit encara no té connectivitat amb cap d'aquestes aplicacions, fet que el posa en clar desavantatge en aquest aspecte., En altres països sí que compta amb una suficient interoperabilitat. Robot i Innovaya Visual Estimating en són un exemple.

El seu germà bessó Vico Constructor es connecta amb una aplicació de planificació de processos anomenada Vico Scheduler que resulta de gran utilitat en l'elaboració de simulacions 4D i en la gestió de l'execució del projecte. Aquesta aplicació no ha arribat a Espanya, però podria fer-ho en el moment en que les aplicacions BIM contin amb prou usuaris en el sector dels contractistes. Revit ja es connecta amb Microsoft Project, menys especialitzat però molt universal.

5.5.13 CAPACITATS GEOMÈTRIQUES

És important que una aplicació BIM, a banda de gestionar eficientment el model d'informació, sigui capaç de modelar les formes que desitgi l'arquitecte, doncs és un aspecte del model especialment important per a ell. En aquest apartat s'avaluen la capacitat que té ArchiCAD d'expressar geomètricament una idea arquitectònica.

· Traçat d'esbossos

Com Revit, ArchiCAD crea algunes famílies de sistema (sostres, cobertes i un tipus determinat de murs) a partir de contorns tancats traçats en planta amb entitats lineals que s'extrudeixen

perpendicularment una determinada longitud. La diferència és que aquests perfils no es poden vincular amb altres geometries per aconseguir que, per exemple, el cantell d'un sostre segueixi sempre un tancament inferior. No obstant, els objectes creats a través d'esboços tenen la capacitat de ser editats dinàmicament a través de pinçaments situats en els seus vèrtexs que permeten canviar la forma del seu contorn.

Per altra banda, ja hem dit que ArchiCAD no disposa d'un modelador de sòlids com a tal ja que els objectes, o bé són de sistema, o bé es generen a través de famílies de sistema o bé a través del llenguatge GDL, així que no s'empra aquesta estratègia a l'hora de crear altra geometria que l'esmentada en el paràgraf anterior.

· Elements bidimensionals

A banda dels objectes tridimensionals, que conformaran el gruix de la informació volumètrica del projecte, n'hi d'altres destinats a afegir informació gràfica més simbòlica en forma de representacions bidimensionals. Un cas molt típic seria el dels detalls constructius, on l'elevat detall dels models que representen fa inviable una simulació tridimensional. ArchiCAD dóna molt de marge a les representacions bidimensionals, ja que, a banda de comptar amb un espai reservat als detalls constructius, és capaç de convertir qualsevol vista bidimensional en un dibuix, de tal manera que es pot editar completament, cosa que Revit refusa totalment. Els riscos de tal acció són evidents, però permet modificar una vista amb total llibertat.

El ventall en sí d'entitats és molt limitat però suficient. Línies, polilínies, circumferències, el·lipses i zones tramades és tot el que pot grafiar ArchiCAD com a element bidimensional. Es troben a faltar les splines que sí que té Revit així com les seves regions d'ocultació.

Per altra banda, les entitats bidimensionals només poden aparèixer en les vistes bidimensionals, i, per tant, només poden ser traçades des d'elles. Això és així perquè el motor de visualització del model tridimensional és completament diferent al bidimensional. Quan es programa en GDL la llibertat es major, ja que poden modelar-se entitats lineals en base a un sistema de coordenades lliure.

Revit és una mica més elàstic pel que fa al modelat directe, ja que permet incloure línies, cotes i textos en vistes tridimensionals. La resta de recursos de delineació segueixen sense estar accessibles en ambdues aplicacions, cosa que és una llàstima, ja que permetria completar el grafisme del modelat volumètric.

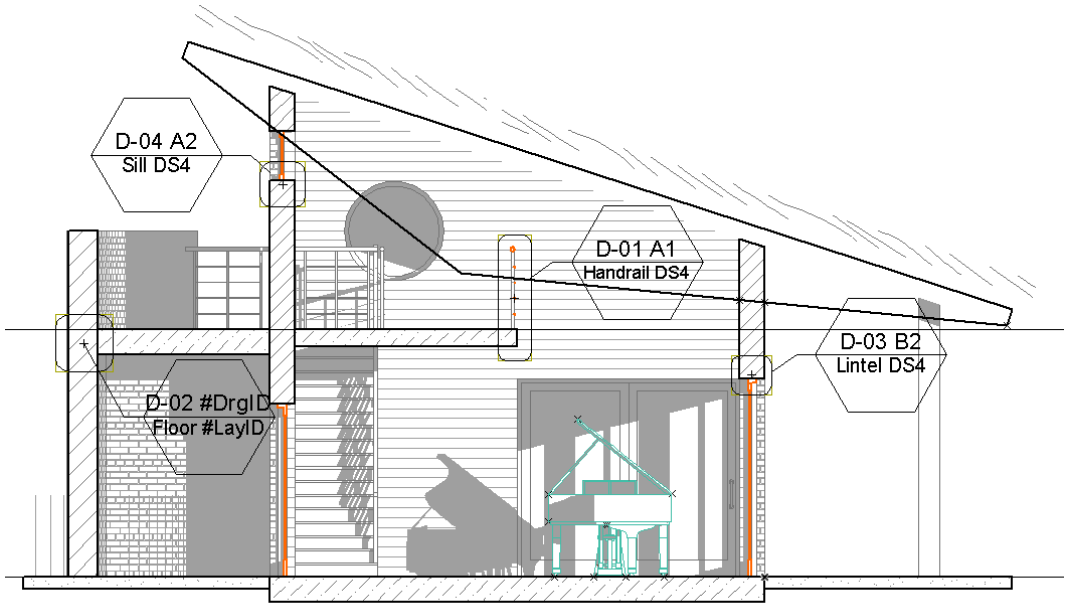


Fig. 5.43. Vista de secció desvinculada del model i editada. De fet, ArchiCAD sempre genera les vistes dibuixant-les automàticament amb línies, trams i textos.

· Elements tridimensionals

ArchiCAD, com qualsevol altra aplicació BIM, treballa amb entitats sòlides. Tot i que hi ha una família de sistema, anomenada malla, que genera un sòlid prismàtic amb la cara superior definida per una malla de punts. El seu equivalent en GDL fa el mateix. No obstant, al igual que Revit, pot importar i seccionat entitats de malla provinents de fitxers DWG i DGN.

Les capacitats de modelat en famílies de sistema són molt minses, ja que es limiten a la generació de volums extrudits en una direcció (per a tancament en general, sostres i cobertes) i perfils extrudits per camí planar (per a tancaments definits per perfil personalitzat). En canvi, a través del GDL es poden modelar tota mena de geometries, algunes força avançades. L'inconvenient és que l'entorn per a fer-ho no és gràfic, tot i que compta amb un previsualitzador Aquest inconvenient es pot pal·liar emprant algun complement que permeti programar GDL a través d'una interface mes gràfica, com els que ofereix els desenvolupador Cigraf o Objective.

Per això, quan les possibilitats geomètriques de les famílies de sistema es queden curtes sigui per a crear objectes de sistema o de component (veure els apartats del principi d'aquest tema), cal recórrer a aquest llenguatge de programació i crear els objectes com a components. Revit, en canvi, ofereix unes possibilitats de modelat més uniformes, ja que sempre compta amb un entorn gràfic de modelat amb unes possibilitats suficients (tot i que no brillants) que s'empra de la mateixa manera tant per a crear famílies in situ com per a crear famílies de components. Llàstima que el control posicional dels objectes sigui tant poc àgil, sobretot si el comparem amb qualsevol eina de modelat de sòlids actual.

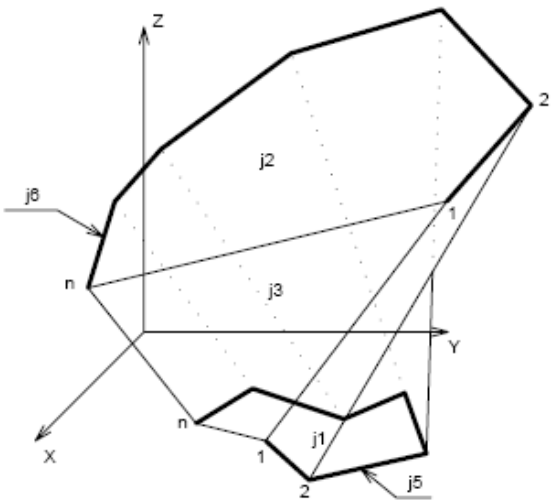


Fig. 5.44. Superfície modelada amb llenguatge GDL

Encara que sembli mentida, el nivell de modelat tridimensional gràfic d'aquestes dues solucions ArchiCAD i Revit, continua essent molt baix en comparació amb les eines de CAD literal. La parametrització que ofereixen salva la situació en molts casos ja que reporta uns beneficis enormes pel que fa a la productivitat, però quan es modela amb aquestes eines es troba a faltar la facilitat amb què es fan les coses amb AutoCAD o, millor, amb Sketch-up. Des del punt de vista de l'usuari, no sembla tant difícil de solucionar, però segurament des del punt de vista del programador la cosa no deu ser tant senzilla.

· Operacions Booleanes

En el capítol anterior varem veure com Revit no disposava d'operadors booleans com a tals que li permetessin efectuar operacions booleanes entre sòlids. Únicament disposa d'una eina anomenada "unir geometries" que permet unir diversos sòlids o famílies de sistema segons unes determinades regles. En cap cas es podria crear un sòlid per intersecció d'altres dos.

ArchiCAD en canvi, sí que gaudeix d'aquesta funció i l'anomena com a tal. Aquesta eina permet seleccionar diverses les famílies de sistema volumètriques i aplicar-hi un operador booleà. Com a bona aplicació paramètrica, l'operació sempre és reversible. Això li permet, per exemple, unir les famílies de manera totalment personalitzada. Per exemple, es pot fer que un mur travessi un sostre, cosa que no és possible per a Revit, on la comanda "Unir Geometries" sempre aplicarà el criteri jeràrquic que prioritza el sostre enfront del tancament.

Com és lògic, aquestes operacions tenen el seu equivalent en GDL, cosa que amplia molt les possibilitats de modelat de famílies de component.

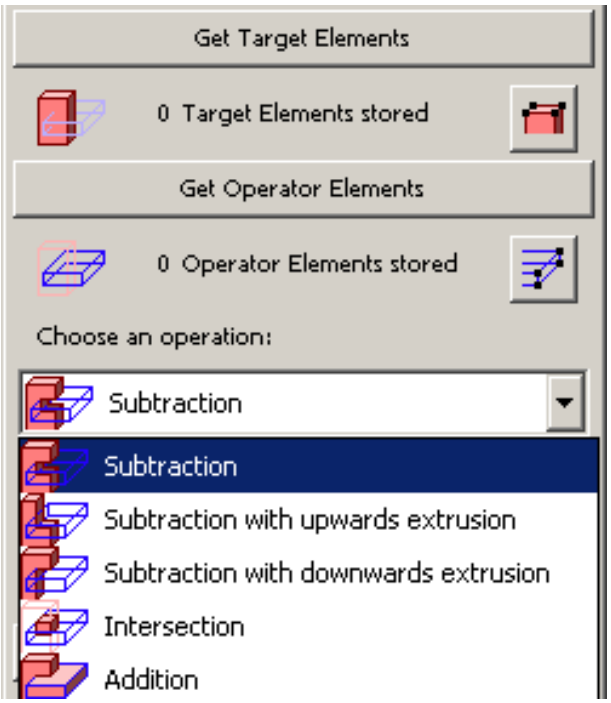


Fig. 5.45. Operador booleà per a famílies de sistema

5.5.14 CAPACITATS PARAMÈTRIQUES

Com ja s'ha fet en el capítol anterior, en aquest apartat es pretén descriure a grans trets els aspectes més importants de sistema paramètric d'ArchiCAD i comentar-los en relació als de Revit.

· Tipologies de paràmetres

Quan es programa una família de component, ArchiCAD disposa de dotze tipus de paràmetres: de longitud, angle, nombre real, nombre íntegre, booleana, text, material, tipus de línia, trama i plometa. Són força similars als de Revit, amb la diferència que prescindeixen d'operadors lògics, i de crides a famílies perquè aquestes tasques es realitzen mitjançant comandaments GDL. Per contra afegeix paràmetres de grafisme, com són el tipus de línia, els tramats i les plometes, de tal manera que es fa possible controlar-los paramètricament des de cada objecte, cosa que no pot fer Revit. De fet, degut a que ArchiCAD empra un complet llenguatge de programació per a crear els seus components, es possible personalitzar tota mena de comportaments, si se sap com. Revit ho fa tot a través d'una interface guiada, fet que facilita i limita les coses. Naturalment, també disposa d'una Api de programació, però això ja són figues d'un altre paner.

Amb les famílies de sistema no hi ha volta de full, ja que té els paràmetres predefinits tancats. Un altre tema, que es veurà en l'apartat "paràmetres de projecte" és la incrustació d'informació als objectes d'un projecte (com ara el seu cost, materials, de construcció, ús, etc..).

- **Paràmetres de tipus i d'exemplar**

En l'anàlisi de Revit vàrem veure com els paràmetres de les famílies podien ser de tipus o d'exemplar. Els valors dels primers es mantenen pera tots els exemplars de cada tipus, mentre que els dels segons són únics per a cada exemplar encara que siguin del mateix tipus. Aquesta estructura permet graduar el nivell de singularitat de cada objecte. Per exemple, podem crear una família de taules amb només cinc mides diferents (paràmetres per tipus) o una on cadascuna pugui tenir unes mides personalitzades.

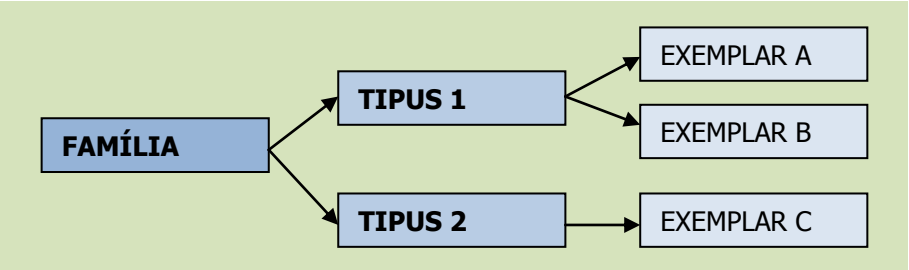


Fig. 5.46. Es exemplars A B i C comparteixen la mateixa topologia definida per la Família X. Els paràmetres dels tipus 1 i 2 són comuns però tenen valors diferents. Els exemplars A i B només podran ésser diferents si la família té definit algun paràmetre d'exemplar i el seu valor en A és diferent que en B.

En principi, tots els paràmetres de totes les famílies d'ArchiCAD són d'exemplar ja que el concepte de tipus com a tal no existeix. De tota manera no es gens difícil programar en GDL un script que assigni valors a paràmetre en funció de si un altre (que especificaria el nom del tipus) té un valor o un altre. Es a dir, es poden crear tota mena de comportaments preconfigurats mitjançant programació, un dels quals és l'automatització d'assignació de paràmetres segons tipologies preestablertes.

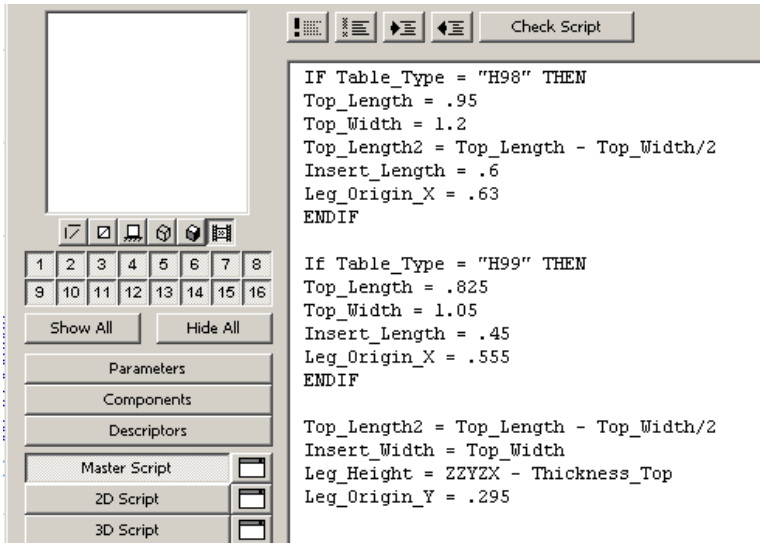


Fig. 5.47. Script en el que s'estableixen valors per a diferents paràmetres en funció de valor de "Table_Type". Un altre script restringirà a "H98" i a "H99" els valors possibles per a aquest paràmetre.

Es tracta d'un sistema molt més flexible que el de Revit que, en aquest cas, requereix un esforç extra mínim. Per contra, només és aplicable a les famílies de component, ja que les de sistema no són, en principi, programables. Des del punt de vista d'ArchiCAD això té certa lògica doncs si

el que es vol és modelar famílies de sistema tipificables, caldrà fer-les com a component (per exemple, tancaments prefabricats). No obstant, si així es fa, perdran la seva capacitat de ser hostes.

· Paràmetres de projecte

En Revit vàrem veure com, en el si d'un projecte, s'hi podien definir tota manera de paràmetres i incloure'ls a qualsevol categoria de família per tal d'afegir-hi informació. En aquest sentit, ArchiCAD disposa únicament d'un recurs molt sofisticat basat en els anomenats "Objectes de propietats" enfocat clarament a afegir a objectes del model informació relacionada amb els seus materials de construcció, per una banda i, per l'altra, a vincular-hi notes descriptives.

Cadascun d'aquests objectes (que són de component) conté crides a bases de dades de components independents del projecte. Els "Components" especifiquen un material i una forma de mesurar-lo, així que cada objecte de propietats equival a una partida de construcció. Un cop fet això, és fàcil deduir que se'n poden treure llistats d'amidaments dels materials emprats en tot el projecte o connectar la base de dades d'ArchiCAD amb un programa especialitzat, com Presto o Arquímedes.

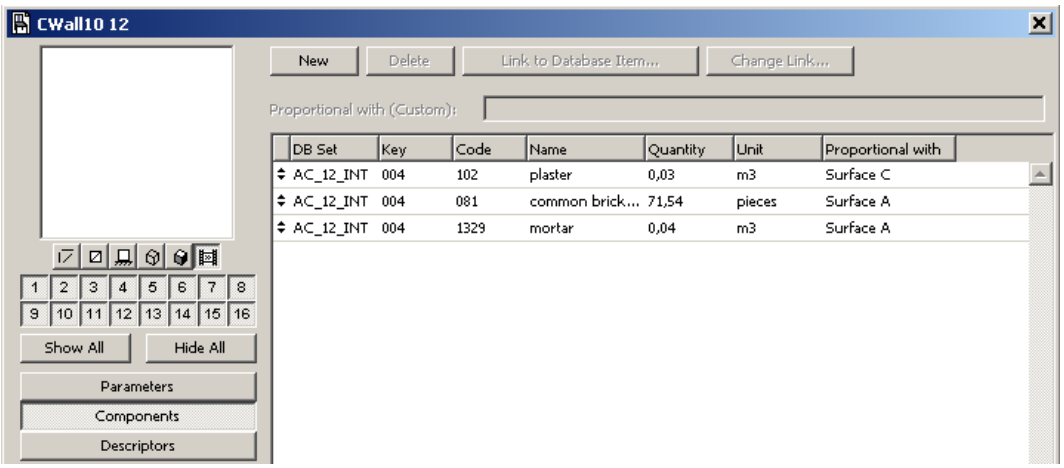


Fig. 5.48. Script els què es defineixen els components (vinculats a una base de dades) que contindrà l'objecte de propietats "CWall10 12" que després es podrà vincular a una família de model qualsevol.

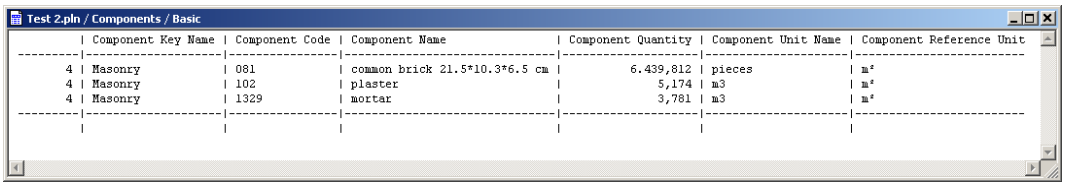


Fig. 5.49. Llistat resultant d'un tancament al qual se li ha aplicat aquest objecte de propietats; els amidaments de cada component s'actualitzen en funció de l'especificat a l'objecte.

Els "Descriptors", en serveixen per a afegir notes descriptives, molt més senzilles, que podríem entendre com a paraules clau de gran longitud.

La vinculació dels objectes del model amb els objectes de propietats es pot automatitzar (per tal que, per exemple, cada tipologia de mur s'assigni a un de determinat) o es pot especificar de manera individualitzada.

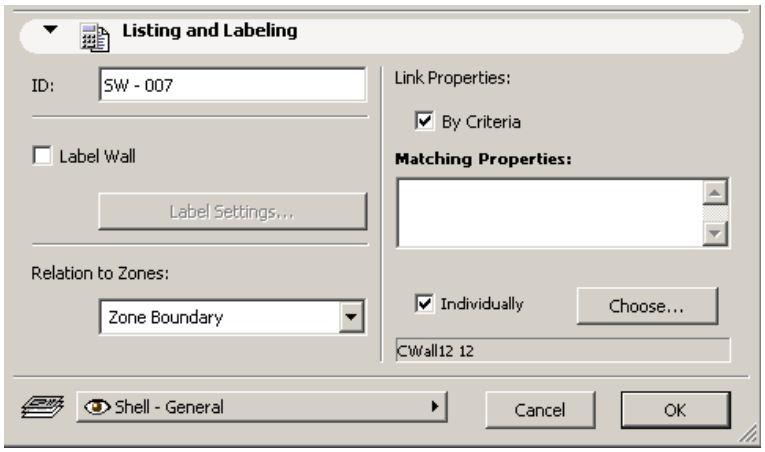


Fig. 5.50. Script els que es defineixen els components (vinculats a una base de dades) que contindrà l'objecte de propietats "RP05F00 12" que després es podrà vincular a una família de model qualsevol.

Val a dir que tota aquesta informació es pot incloure en el si dels objectes de components mateixos, però no en els de sistema. No obstant, el sistema de vinculació a objectes de propietats ofereix més flexibilitat, ja que es personalitza per a cada projecte.

Degut a que els que es vincula són els objectes de propietats, és a dir paquets de components i descriptors, es tracta d'un sistema més rígid que el de Revit, ja que aquest permet incloure qualsevol mena d'informació als objectes, inclús si són d'anotació, de manera més directa i individualitzada. Com que Revit sempre funciona amb una estructura basada en tipus, permet afegir la informació com a paràmetres de tipus o d'exemplar per tal de poder escollir el seu contingut serà igual per a tots els exemplars d'un mateix tipus o única per a cada exemplar (amb una funcionalitat similar a la descrita en la figura anterior). Aquesta informació es pot llistar o mostrar mitjançant etiquetes, o sigui que la seva funcionalitat va més enllà del control de costos. Per contra, és evident que tal informació ha de ser gestionada amb una altra aplicació, ja que Revit només serà capaç d'amidar partides completes (per exemple, m² de paret d'un determinat tipus) i no els seus components.

· Paràmetres compartits

Entenem com a paràmetres compartits aquells que es poden fer servir per més d'una família i el valor dels quals es transmet d'una a l'altra. Amb Revit això s'aconseguia emprant un tipus especial de paràmetres la definició dels quals es desava en un fitxer de text extern, de tal manera que fos accessible des de l'entorn de modelat de qualsevol família. La transmissió d'aquests valors només es podia fer entre famílies amfitriones i hostes o entre famílies anidades i receptores, però el seu ús era realment senzill i permetia crear etiquetes amb gran facilitat.

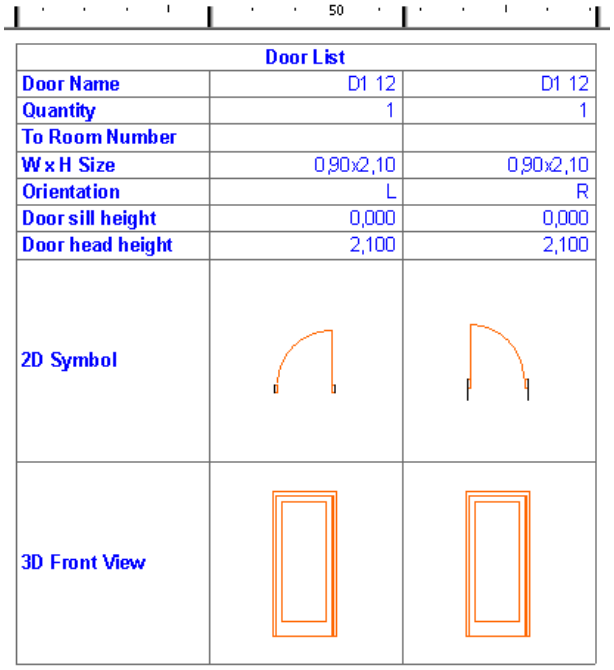
Amb ArchiCAD es pot fer el mateix mitjançant una crida GDL als paràmetres d'un altre component, amb total llibertat. Llàstima que, com la resta de parametritzacions sofisticades, només estigui disponible per a les famílies de component.

· Accés a la informació

Com en el cas de Revit, la forma més eficient d'accedir a la informació continguda en els objectes és a través de la creació de vistes alfanumèriques en forma de llistat, talment com una base de dades qualsevol. Després, la informació filtrada de cada llistat es podrà emprar per a qualsevol propòsit.

La creació de llistats d'ArchiCAD s'assembla molt al de Revit, ja que s'escullen els paràmetres que es volen mostrar de cadascun dels objectes. La diferència és que el procés és molt més visual. A través d'un mateix quadre es creen els diferents llistats, tot escollint primer la mena de llistat que es vol realitzar. N'hi ha de dues menes, basades en els paràmetres dels elements i basades en els components que els composen.

Les primeres serveixen per a realitzar tota mena de llistats de característiques dels objectes, com ara el seu nom, mesures o qualsevol altra informació continguda en els objectes. També i, a diferència de Revit, és pot incloure una imatge en una taula qualsevol (en planta, alçat o obliqua), la qual cosa resulta molt útil per a fer taules de fusteries o inventaris d'objectes. Revit te una mena de vista anomenada llegenda que permet fer el mateix manualment, però resulta molt menys pràctic.



Door List		
Door Name	D1 12	D1 12
Quantity	1	1
To Room Number		
W x H Size	0,90x2,10	0,90x2,10
Orientation	L	R
Door sill height	0,000	0,000
Door head height	2,100	2,100
2D Symbol		
3D Front View		

Fig. 5.51. Taula d'elements de porta on hi apareixen dues vistes de cada tipus.

Per a generar-les, només cal escollir quina mena d'objectes es volen llistar (segons la seva categoria, capa, nivell, plometes, etc.) i després, quins paràmetres se'n volen mostrar i en quin ordre. Tot això es fa des d'un mateix quadre que les mostra en una interface realment aconseguida que assisteix molt el procés.

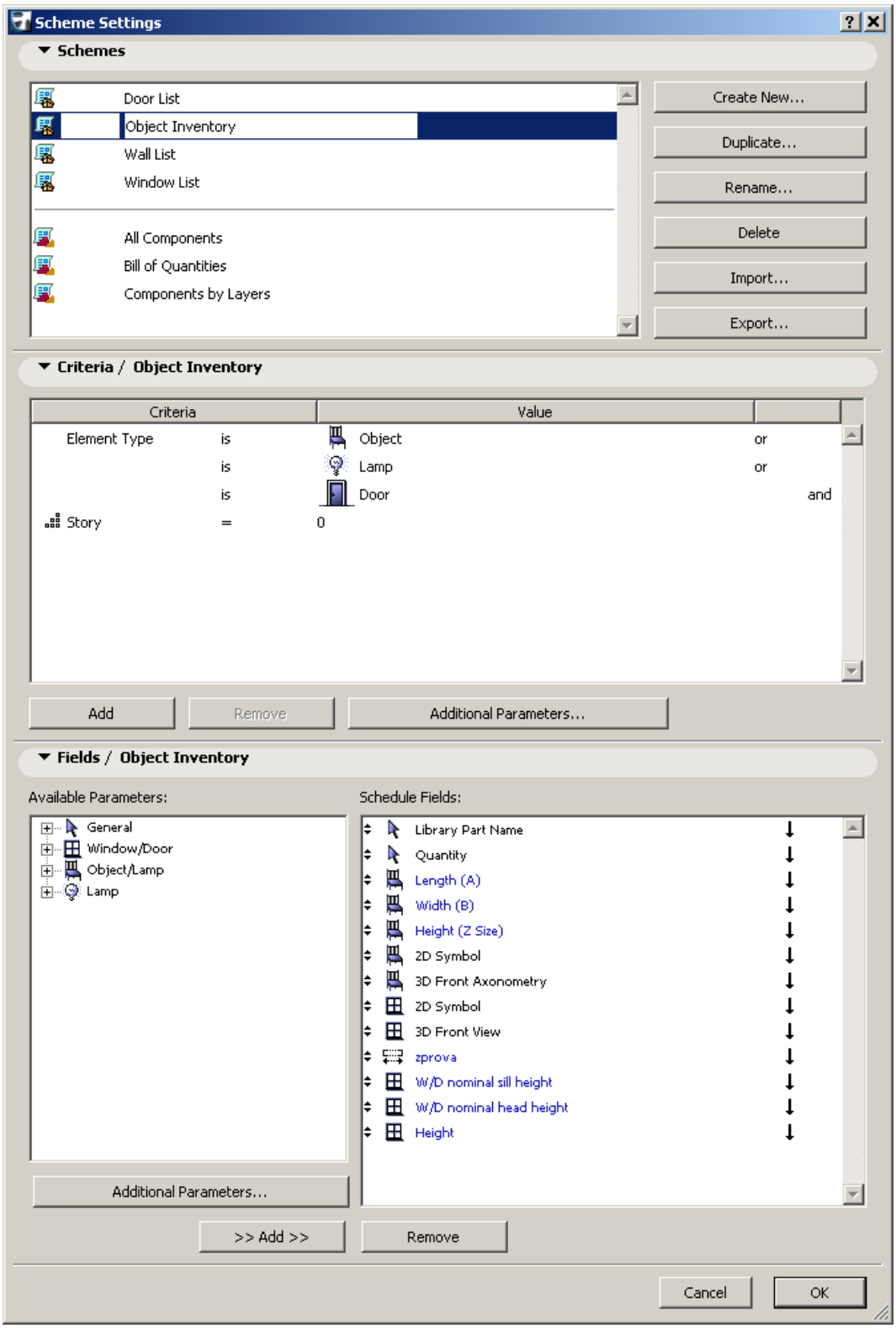


Fig. 5.52. Quadre de generació d'una taula d'elements en la què s'escullen diferents paràmetres d'objectes de mobiliari, de portes i de llums situats al nivell 0. Cada camp (field) mostrarà un paràmetre. Com es pot veure, un camp no pot ser ocupat per paràmetres provinents de diferents categories d'objectes, encara que el seu nom sigui el mateix.

L'altre tipus, el basat en components, funciona de manera molt similar, però afegeix la capacitat de llistar els components dels objectes, de tal manera que es puguin fer llistats de materials i costos.

Per altra banda, ja hem comentat que ArchiCAD està molt preparat per al control de costos, ja que disposa d'eines especifiques per a crear partides de materials per a després afegir-li costos. De fet, disposa d'una ajuda especialitzada en aquest tema i també de connexions amb aplicacions d'amidaments i pressupostos emprades a España. Revit permet fer el mateix a través de diversos camins (aplicacions API accés ODBC, o exportacions Excel), però encara no ha aconseguit el suport de cap desenvolupador de software nacional.

5.5.15 CONCLUSIONS

A primera vista, ArchiCAD funciona d'una manera molt similar a Revit, fins al punt que trobem similituds en la interface. El model d'informació s'estructura de forma molt similar: a través d'un model central completament accessible format principalment per objectes tridimensionals. Tot i que deixa més marge que Revit en l'ús de representacions literals, el seu objectiu és igualment modelar-ho tot amb objectes tridimensionals.

A pesar de que s'empren camins diferents, l'estructura bàsica és molt similar a la de Revit i la forma en que es generen els diferents tipus de famílies també. Mentre que en ArchiCAD es parteix d'un mateix entorn de programació on la categoria escollida estableix les variables mínimes, en Revit, es parteix d'una plantilla diferent segons el tipus d'objecte i el comportament que se n'espera.

Des del punt de vista del modelat de la informació formal, les eines de les que disposa per al modelat geomètric són adequades i prou flexibles per als casos més simples, però es troba a faltar major flexibilitat pel que fa al modelat de les famílies de sistema, ja que aviat se li troben limitacions serioses que només poden ser superades mitjançant la seva programació com a famílies de component.

Revit aconsegueix superat les limitacions intrínseques de les famílies de sistema emprant el concepte de família in-situ, cosa que li permet utilitzar el mateix motor de modelat de sòlids parametritzable que empra en el modelat de les famílies de component. Recordem que, malgrat disposar de poques eines, és capaç de desplegar un potencial considerable quan s'aplica de manera intel·ligent. Per exemple, quan s'aprofita la seva capacitat de vincular altres geometries a cares i arestes de sòlids (massing amb famílies de sistema o amb peces de famílies de component) o quan s'empren famílies anidades.

El modelador geomètric per script d'ArchiCAD és realment potent i de capacitats limitades, però massa tediós d'emprar pels temps que corren i pel perfil de la clientela que els ha d'usar. Si analitzem els modeladors paramètrics actuals veurem que la seva interface és cada cop més gràfica fins a l'extrem d'emprar operadors complexes de manera totalment gràfica (com el (Grasshopper per a Rhino). Per altra banda, la API de Revit permet realitzar totes les operacions de modelat pròpies de Revit des d'un entorn de programació més flexible (en el que

hi podem trobar, per posar un parell d'exemples, sistemes de coordenades i corbes tridimensionals) és igualment avançada i permet emprar Visual Basic, C++ i Java, entre altres.

Amb el modelador paramètric passa tres quarts del mateix, ja que els seus mecanismes estan molt relacionats amb els que s'empren al generar geometries. Parametritzar per script té veritable i inconvenients. Per una banda, els paràmetres i les seves relacions es poden crear de manera totalment lliure i amb les ajudes pròpies d'aquest recurs. Tot es fa des de zero i, per tant, el control del comportament de les famílies és total i fàcilment rastrejable. Però, per altra banda, les operacions solen ser molt més complexes i llargues de programar que aquelles que es poden fer de manera gràfica. Aquest és el plantejament de Revit, el ventall de possibilitats de programació gràfica és limitat i com que (api a banda) és l'únic mecanisme de parametrització geomètrica, aquesta resulta limitada. Limitada però infinitament més fàcil d'establir que amb ArchiCAD, sobretot quan relacionem unes geometries amb les altres.

En canvi, amb la resta de paràmetres, els mecanismes de Revit i ArchiCAD són molt semblants en seu fons, però no tant en la seva execució. S'inclouen definint el seu tipus i la seva interacció amb els objectes de les famílies. La interface de Revit és més gràfica, ja que està ordenada i gaudeix d'alguns recursos com l'assignació de paràmetres dimensionals a cotes o el botó d'igualació de paràmetres, però encara li falta molt per poder dir que disposa d'una interface gràfica de parametrització no geomètrica. ArchiCAD, en canvi, disposa d'una interface més adequada i intuïtiva.

Una altra tema és l'escassa capacitat d'incloure paràmetres personalitzats a les famílies inserides en un projecte. ArchiCAD només disposa del anomenats "Objectes de propietats", mentre que Revit pot incloure qualsevol mena d'informació a qualsevol categoria de família dintre d'un projecte.

Per concloure, podríem dir que ArchiCAD es, aïlladament, una bona aplicació BIM ja que dóna sortida a la majoria de les aspiracions dels arquitectes, però si la comparem amb Revit, trobem que aquesta aplicació és força més potent en els aspectes que tenen a veure amb el modelat de la informació en sí a pesar de comptar amb una interface molt més rudimentària.

5.6 PUNTS CLAU DE L'APLICACIÓ

Com en el capítol anterior, aquí es proba de fer un resum dels aspectes clau de l'aplicació, doncs la majoria d'ells romandran vigents a curt termini i serveixen per donar una idea del que ofereix aquesta solució a l'hora d'aplicar la Tecnologia BIM al disseny arquitectònic i de les seves perspectives de futur.

5.6.1 PUNTS FORTS

Sempre és més fàcil enumerar els defecte o els aspectes que no funcionin correctament d'una aplicació que pensar en les seves virtuts i després sintetitzar-les en uns pocs aspectes que permetin perfilar l'estil de l'aplicació en relació a altres de similars. No es tracta doncs d'enumerar els avantatges del BIM en general, ja que això ja ha estat objecte d'un altre capítol, sinó indicar aspectes que el fan especialment interessant dins de l'àmbit.

· Aplicació BIM nativa

ArchiCAD és una aplicació que tracta l'edifici com un tot emprant una base de dades única amb l'objectiu de generar el que ara s'anomena BIM. Això fa que sigui molt coherent i fàcil d'usar i que, un cop entesa l'administració de les llibreries, sigui realment senzilla la gestió del projecte i dels seus recursos.

· Capacitats per al disseny paramètric

Tot i que no pot gaudir de la interface gràfica de Revit, les llibreries de components facilitades pel seu desenvolupador són molt completes i es capacitats del seu llenguatge de programació (GDL) són realment potents amb una mica d'estudi i entrenament, força fàcils d'emprar.

· Facilitat d'ús

ArchiCAD és una aplicació força fàcil d'emprar; tot i que algunes funcions estan una mica amagades, la interface general és molt clara i les funcions bàsiques estan molt a l'abast. Els procediments de cada eina són clars i no tenen fissures.

· Interface

La interface del programa està realment aconseguida, és clara i agradable, tot i gaudir d'algunes funcions realment avançades. La de Revit, és simple, la qual cosa és una gran virtut, però resulta excessivament dura per a la majoria d'usuaris. Per altra banda, ArchiCAD mostra de manera molt adequada la informació necessària per a treballar, (objectes seleccionats, característiques dels mateixos, referències emprades, modes de captura d'objectes, etc), cosa que Revit hauria d'imitar, ja que està força passos enrere en aquest aspecte.

· Operador booleà complet

Revit permet operacions booleanes de suma i de subtracció (unir i retallar) en el si de l'edició de sòlids d'una família de component, in-situ o de massa, però no permet calcular interseccions. Pel que fa a les famílies de sistema, l'eina d'unir geometries només es pot aplicar per a determinades famílies de sistema (parets, terres i sostres) i té un comportament preestablert (la qual cosa és un avantatge però també un inconvenient). Per la seva banda, la de retallar només té aplicació en la incrustació d'uns murs dins d'altres.

ArchiCAD, en canvi, disposa d'un operador booleà molt fàcil d'emprar i molt complet que permet treballar amb qualsevol família de sistema i que té la seva rèplica en llenguatge GDL. D'aquesta manera, es poden aconseguir geometries molt interessant amb poc esforç.

· Modelat avançat de superfícies i sòlids mitjançant script

Encara que sigui programant, el programa permet generar tota mena de superfícies executant operacions i transformacions que Revit encara no pot somiar, la qual cosa li dona un potència notable en mans expertes. Això sí, previ estudi minuciós del seu llenguatge.

· Connectivitat

Actualment ArchiCAD es connecta amb un bon nombre d'aplicacions d'ús nacional, cosa que resulta molt avantatjosa per als professionals que desitgen incrementar la seva productivitat per aquesta via. En un sector com el del habitatge, on els terminis són curts i els pressupostos la principal eina de negociació, aquest recurs serà molt apreciat. També es capaç d'exportar a Lider, el fatídic programa que encara ara estan obligats a emprar els arquitectes espanyols en la justificació de l'acompliment de les normatives energètiques. Revit no dona resposta a aquestes qüestions a nivell nacional, a l'espera d'introduir un altre software amb el que sí que es connecta.

· Navegador de projecte i gestor de vistes i publicacions

La intel·ligent separació entre el navegador de projecte, on només es mostres les ubicacions físiques de totes les vistes, i les vistes en sí (que es poden desar en infinit nombre i sota qualsevol estructura de carpetes) resulta molt adequat per a gestionar el projecte. Revit empra un únic arbre per a organitzar-ho tot, i encara que se'n pot treure força suc, la seva personalització no és intuïtiva, tot i que, en estar basada en filtres, permet desar cada configuració.

Els mateixos avantatges trobem amb els plànols i amb els conjunts de publicació que són força més còmodes i intuïtius d'emprar que els de Revit.

· Exportador i importador a PDF

ArchiCAD incorpora la capacitat d'exportar qualsevol vista o plànol a PDF, així com incorporar-ne a elles. Revit pot imprimir a PDF si es té una impressora que els generi i, afortunadament, és capaç de reunir el plotejat en un únic arxiu, però segueix insistint en el format propietari

d'Auotdesk, el DWF, que, si bé obté uns bons resultats, encara no ha aconseguit ésser un estàndard com el PDF.

No obstant, encara no té la capacitat d'Allplan d'exportar a PDF3D, prestació que serà quasi indispensable ben aviat.

· **Motor de render integrat**

Disposa de quatre motors de render integrat que treballen de diferent forma amb els materials aplicats. Sense ser cap meravella, els resultats són prou dignes. Destaquen el que simula el dibuix manual, ben apreciat pels arquitectes i apropiat per a mostrar imatges poc comprometedores.

Per altra banda, el motor que empra en les vistes tridimensionals pot mostrar les textures ràster dels materials, llàstima que el mode vectorial no sigui tan reeixit com aquest, sobretot pel que fa al seu accionament dinàmic.

Per altra banda, la seva connectivitat amb Cinema 4D, aplicació amb una alta usabilitat, garanteix uns bons resultats finals.

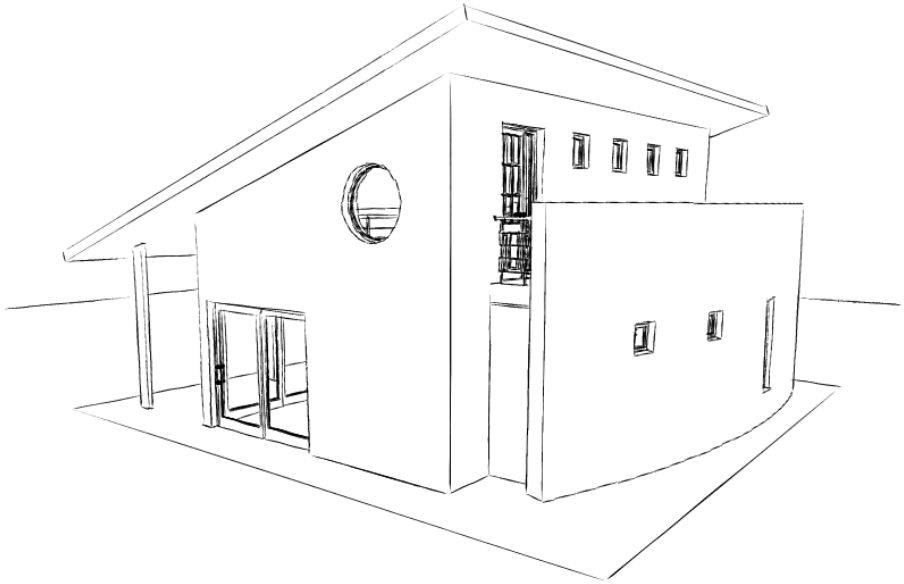


Fig. 5.53. Vista generada amb el motor de rendering especialitzat en imatges amb aspecte de dibuix manual.

· **Rendiment gràfic**

Com que ArchiCAD sempre empra representacions bidimensionals per a les vistes no dinàmiques, és capaç de gaudir d'un bon rendiment gràfic en les operacions de zoom i enquadrament. El de Revit ha millorat molt, però quan mostren molta informació, no solen ser prou àgils.

· Control del grafisme

L'aplicació permet un gran control del grafisme de les vistes, de tal manera que és possible configurar el valor i color de quasi totes les línees que apareixen en la pantalla. A més, degut a que ArchiCAD treballa exclusivament amb exemplars individuals (no empra un sistema de tipus com Revit) i també empra un sistema de capes lliure, la personalització es pot fer element per element. Quan el grafisme s'empra amb l'objectiu de millorar la visualització del model el sistema no es tan bo, perquè funciona millor la tècnica d'emprar configuracions superposades per a cada vista que és el que fa Revit, aplicat a categories, o a elements concrets seleccionats directament o mitjançant filtres.

· Existència de suite per a MEP

Graphisoft acaba de treure un mòdul per a ArchiCAD especialitzat en el modelat d'elements MEP (Mechanical, Electrical and Plumbing), anomenat MEP modelar. Tot i que encara no disposa d'algunes de les prestacions de simulació de Revit MEP, està disponible per al nostre país i és molt senzill d'usar. D'aquesta manera cobreix la principal llacuna d'aquest programa en un camp on els BIM està demostrar ser de grandíssima utilitat, sobretot pel que fa a la seva coordinació i construcció. Per altra banda, l'aplicació disposa de detector de col·lisions amb elements arquitectònics i de control del grafisme per sistemes d'instal·lacions.

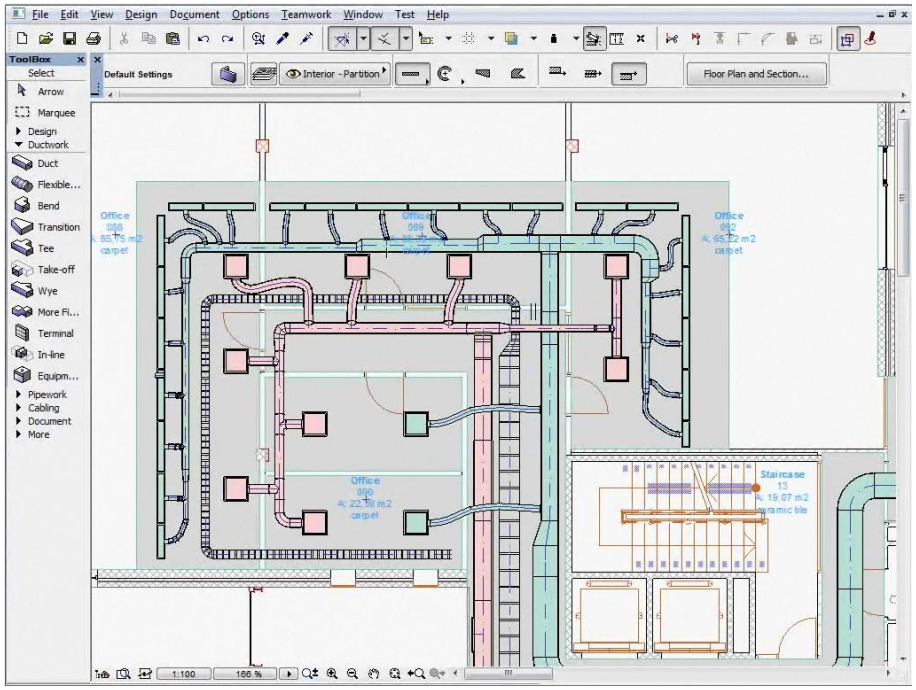


Fig. 5.54. Interface de treball de Graphisoft MEP Modeler.

· Disponibilitat de nombroses aplicacions de tercers

ArchiCAD és un programa amb una llarga història i amb un nombre d'usuaris considerable, per això gaudeix de la companyia de nombrosos fabricants de software que han desenvolupat pluguins o programes connectables a ell. N'hi ha de tota mena, des de modeladors d'objectes paramètrics o amb superfícies lliures a programes de càlcul de costos o estructurals. La majoria

d'aquestes aplicacions es vénen a Espanya i algunes de les més importants disposen del suport del distribuïdor.

· Motor d'edició multivista i bidireccional

Al igual que Revit, ArchiCAD permet editar el model des de qualsevol vista i és capaç de mantenir-les actualitzades de manera automàtica. No es tracta de vistes directes en temps real però el sistema és infinitament més adequat que les aplicacions BIM que no disposen d'aquesta tecnologia. Això implica que ArchiCAD convida a modelar-ho tot en tres dimensions, cosa que no fa la competència (a excepció de Revit), a pesar de ser l'únic camí per a aconseguir un control global del projecte.

Com que a més empra representacions del model tridimensional en comptes de vistes directes, és capaç de congelar-les per a poder tractar-les com a dibuixos independents, cosa que és perillós de cara al modelat integral, però que pot resoldre més d'una situació.

· Localització acurada

La localització d'ArchiCAD a Espanya és molt millor que la de Revit, cosa fàcil d'aconseguir; la d'aquest és absolutament nefasta. Amb una aplicació i una documentació ben traduïda i unes llibreries correctes, ArchiCAD funciona a la perfecció sota els criteris de la nostra regió. Per altra banda, el suport dels distribuïdors i la interacció del programa amb aplicacions d'us local és elevat, cosa que el distancia de Revit.

5.6.2 PUNTS DÈBILS

Aquest apartat no tracta d'enumerar tots els errors i limitacions concretes de l'aplicació ja que seria massa extens, només tracta d'enumerar aquelles limitacions que són més significatives des del punt de vista de les necessitats d'un hipotètic modelador BIM.

· Traçat de murs poc flexible

Al igual que Revit, el programa no pot crear murs amb un traçat que inclogui el·lipses ni splines, la qual cosa pot resultar força limitant per a segons quins projectes. Degut a que tampoc disposa de mètodes alternatius, com el massing de Revit, podrem dir que no hi ha manera de modelar aquests tancaments des de la pròpia aplicació

· Absència de detector de col·lisions

ArchiCAD no integra un detector de col·lisions que verifiqui la correcta interacció entre els diferents elements del projecte. Així, no detecta quan un finestra s'instal·la en el tester d'un envà o quan els tancaments toquen els sostres. Tenint en compte que un dels usos més lògics d'un BIM és la detecció de col·lisions, és una prestació que es troba a faltar, sobretot en el moment del modelat dels elements. Revit sí que disposa d'aquesta característica i, tot i que no és del tot perfecte és capaç de detectar nombroses circumstàncies que poden dur a errors en el disseny, incloent aquelles que es donen a nivell del modelat de peces paramètriques.

· Projecte i famílies no parametritzable de forma gràfica

En un univers on existeixen nombroses aplicacions de parametrització formal a través d'interfaces gràfiques, es lògic demanar que una aplicació BIM disposi d'aquestes eines. Revit i Bentley Architecture en disposen en major o menor grau, i Allplan també, tot i que a un nivell més rudimentari.

· Motor 3D vectorial de baix rendiment

Quan vulguem visualitzar el model des d'una vista dinàmica amb control de vistos i ocults, ens trobarem amb que el seu rendiment és molt baix (almenys en Macintosh), ja que es fa per software. El motor d'OpenGL no suporta aquesta prestació. Revit no és cap prodigi, però ho fa força millor. S'ha de tenir en compte que aquest és un mode de visualització que tradicionalment ha consumit molts recursos de hardware i que algunes aplicacions de modelat ometen (sobretot perquè han de mostrar els contorns aparents, però també és cert que n'hi algunes que ho resolen molt millor que aquestes.

De resultes d'això, l'única manera de visualitzar dinàmicament el model és a través del mode texturitzat, que resultarà massa poc analític per a molts de modeladors.

· Absència de exemplars controlats per tipus

Tots els objectes que s'insereixen en un projecte d'ArchiCAD són d'exemplar, tot i que disposa de mecanismes per a generar conjunts de paràmetres predefinits en les famílies de component i de sistema. Això fa que el control de les característiques dels elements sigui molt més difícil de gestionar ja que, en el fons, s'ha de fer d'un en un (eines de selecció per filtres a banda). En un BIM, l'estructura del model és més important que els seus components, i aquesta organització no va en aquest sentit. Això és així degut segurament al fet que ArchiCAD va néixer molt abans que es comencés a parlar dels models d'informació.

· Base de dades no del tot centralitzada

Tot i que podem dir que la base de dades del projecte està centralitzada, doncs resideix en un únic arxiu, això no vol dir que sigui totalment autònoma. De fet, a no ser que es crei un tipus de fitxer especial (opció només vàlida per a les ocasions que realment ho requereixin), els arxius de projecte només contenen les famílies de sistema i tota la informació referent a ell, quedant les famílies de component arxivades en arxius de llibreria o independents. Això implica que els usuaris han de controlar molt bé la ubicació del seu projecte i de les llibreries, fet que pot ocasionar alguns problemes en el treball remot o en la compartició del projecte amb tercers.

· Absència de modelador d'elements d'emplaçament

Tant important és l'edifici en si com l'entorn on s'ubica, sobretot quan es tracta d'un terreny no regular. Es troba a faltar aquesta mena de famílies, tot i que no es pot dir que la de Revit sigui molt virtuosa.

· Absència de modelador d'elements estructurals

Tot i que òbviament disposa de familiars de sistema de pilars, es troba a faltar una veritable suite de components que permetin el disseny d'elements estructurals amb comportament paramètric. Totes les versions de Revit suporten elements estructurals de sistema i de component amb les capacitats d'interacció i modelat paramètric habituals, però la versió especialitzada, Revit Structure, gaudeix d'eines específiques per al disseny d'aquest component tant important de l'edifici. No arriba a les prestacions de Tekla Structure, però resulta amb combinació amb una aplicació de càlcul connectable, resulta força adequada.

· Absència de control avançat del grafisme per vista

ArchiCAD disposa d'un sistema, anomenat "Model View Options", de superposició dels valors de la visualització de cada vista que permet alterar un grapat de paràmetres alhora força interessants però molt limitats. La resta de característiques gràfiques dels elements s'estableixen al detall, però ho són per a totes les vistes, cosa que resulta limitat en comparació a Revit. El que sí que es pot fer és assignar un conjunt de plometes diferent a cada vista i, com que els valors de línia estan lligat a ells, s'aconseguiria l'efecte desitjat, això sí, a través d'un sistema molt menys intuïtiu i dinàmic que l'ús de les superposició de propietats gràfiques per objecte o per categoria de Revit.

5.6.3 ARCHICAD VERS LA COMPETÈNCIA

De moment, sembla que ArchiCAD aguanta l'estrebada que ha fet Revit en tot el sector, ja que ha aconseguit conservar i augmentar el seu nombre d'usuaris. Si bé sembla que Revit està guanyant quota de mercat internacionalment, també és cert que el pastís d'usuaris de BIM creix acceleradament. En els últims mesos ArchiCAD ha donat el cop d'efecte que s'esperava d'ell implementant a la fi eines per al disseny d'instal·lacions, doncs és un camp on el BIM té molt a dir i que permet obrir el mercat als enginyers, professionals que cada cop aniran guanyant més pes en el sector de la construcció a Espanya.

Deixant de banda la qüestió de la programació GDL de famílies paramètriques (que pot ser assistida amb aplicacions de tercers) i les dificultats que pot implicar la seva natural dependència amb els arxius de llibreria (que per altra part, són comunes a tots els programes que l'empren, excepte Revit), ArchiCAD és una aplicació coherent i ben construïda que ha sabut mantenir un bon nivell d'homogeneïtat a pesar del pas dels anys.

Alternativa amable a Revit, ben connectada i amb algunes implementacions brillants, és una bona eina per a la docència i per a la migració d'aquells professionals que no volen abandonar completament els hàbits heretats del CAD literal. Es tracta d'una aplicació madura que pot presumir d'haver demostrat la seva solvència molt abans que Revit funcionés de veritat.

5.6.4 EXPECTATIVES DE FUTUR

Sembla clar que Graphisoft és capaç de seguir impulsant amb força la seva solució BIM, ja que és la seva principal font d'ingressos. De moment, està reaccionant amb rapidesa a la pressió de Revit, doncs a cada versió ha incorporat novetats importants, com la implementació dels murs cortina o la capacitat de mostrar dues vistes superposades.

Però encara ha d'assolir el nivell de flexibilitat geomètrica "de sèrie" de Revit, que, sense ser molt elevada, sí que supera àmpliament la d'ArchiCAD. També hauria d'incloure eines per a la programació paramètrica mitjançant eines gràfiques, encara que fos a traves d'acords d'integració amb els desenvolupadors que ja en vénen. El llenguatge GDL però segueix estant molt bé i resulta molt mes fàcil d'emprar, de moment, que l'API de Revit, ja que compta amb una interface pròpia molt assistida. Per últim, la capacitat de Revit d'incloure qualsevol informació a qualsevol objecte sembla relativament fàcil d'implementar i obriria nous camps a l'aplicació.

Amb això podria seguir competint molt bé en un mercat on Autodesk està pressionant molt fort amb una aplicació molt ben plantejada però que té molt a fer en temes d'interface i d'adequació del producte a l'usuari localitzat. Amb la seva recent suite MEP i amb la bona relació amb els desenvolupadors de software de tercers, podrà plantar cara a un competidor molt més corporativista, ja que aquesta actitud li permetrà donar una resposta més immediata a les necessitats de cada usuari en concret. La connexió amb el programa Líder n'és un bon exemple, ja que Autodesk no contempla aquesta possibilitat atès que no vol invertir diners en una implementació que li aportaria pocs beneficis en termes relatius. Prefereix homologar, encara que sigui a la llarga, Green Buiding, ja que es tracta d'una solució molt més completa i d'aplicació internacional. La qüestió és que, mentre que Autodesk pot esperar uns anys, els usuaris d'aquest país, no.

Podríem dir que Graphisoft planeja més a curt termini i Autodesk, més a llarg. La qüestió és que els usuaris necessiten solucions a curt termini, mentre que els seus caps haurien de pensar més enllà.

5.6.5 CONCLUSIONS

ArchiCAD és una plicació amb una llarga història que li ha permès perfeccionar-se lentament en un mercat sense quasi competidors. En els últims anys, el panorama s'ha accelerat a mesura que la tecnologia BIM s'ha anat convertint en una realitat. Això ha fet que Autodesk hi fiqués la banya, però Graphisoft compta amb la seva prolongada experiència i amb la dels seus usuaris, amb els que ja ha demostrat la seva solvència.

Es tracta d'una aplicació completa, molt fàcil d'emprar i amigable que a més té un funcionament molt assistit, la qual cosa el fa previsible i estable. Els seus objectes preconfigurats tenen un comportament molt més acotat que els de Revit i això fa que els imprevistos siguin força menors. Per altra banda, la manca de personalització de l'associativitat entre objectes, fa que les seves relacions siguin inequívoques i que hi hagi moltes menys probabilitats de crear models amb vicis ocults. Els que desitgin jugar fort, sempre poden comptar amb les possibilitats

de la programació GDL, que ofereix un entorn molt més controlat que l'entorn de parametrització de Revit

Els seus plantejaments vers a representació del model en múltiples vistes són molt similars als de Revit, però el fet que no es basin en vistes dinàmiques (sinó en representacions automàticament actualitzades) fa que els resultats tinguin matisos importants. Per una banda, aquells acostumats a treballar amb modeladors tridimensionals poden trobar a faltar aquesta immediatesa, però, per l'altra, els arquitectes, molt més acostumats a treballar des de punts de vista més estàtics (plantes, seccions i alçats) agrairan la qualitat visual de les representacions que ofereix. ArchiCAD empra plometes per a controlar els valors de línea i això provoca, de manera indirecta, que es treballi amb un llenguatge visual similar a les aplicacions de CAD literal ja conegudes per ells. La possibilitat de desvincular una vista concreta del BIM (Fig. 5.35) va molt en aquest sentit.

Finalment, també cal reconèixer l'esforç que ha fet Graphisoft per a donar resposta als problemes del sector de la construcció en aquest país. La connexió (unidireccional, això sí) amb aplicacions de càlcul d'estructures, disseny d'instal·lacions, amidaments i de justificació normativa del CTE és una realitat. Això denota, ja ho hem dit, una actitud molt diferent a la que té Autodesk, molt més generalista i, per què no dir-ho, prepotent.

Capítol 6.
ESTUDI DE CASOS

6.1 CASOS D'IMPLEMENTACIÓ

Els estudis de casos serveixen per a il·lustrar el que s'explica a nivell teòric amb exemples pràctics que han aplicat amb èxit els principis que s'hi descriuen. És un recurs molt emprat en publicitat però també en el món de la divulgació en general. Sobre la Pràctica Integrada i la Tecnologia BIM hi ha nombrosos casos d'èxit que relaten el desenvolupament d'un projecte real on s'hi apliquen diversos dels seus principis.

La limitació d'aquest recurs està en que mai es poden (i no volen) transmetre tots els detalls d'una implementació, així com els matisos del context dels implicats, incloent els aspectes personals. Les publicacions existents sobre el tema normalment descriuen casos d'èxit il·lustrats en projectes concrets però es parla poc del procés que ha permès escometre'ls.

Per alta banda, encara no hi ha casos d'èxit ben documentats que relatin experiències en el nostre país. Per aquesta raó en aquest treball es descriuen tres casos d'implementació que parlen del procés d'implementació de la Tecnologia BIM a despatxos professionals de Catalunya.

6.1.1 IMPLEMENTACIÓ AL DESPATX DE CAPELLA - GARCÍA

Manel García i Juli Capella van fundar l'any 1996 el seu despatx d'arquitectura, situat actualment al carrer Casp de Barcelona. En ell treballen una dotzena de persones dedicades al disseny arquitectònic en general, tot i que la seva especialitat són els centres d'oci i els hotels.

L'organització jeràrquica de la firma és l'habitual en aquest casos, per a cada projecte s'assigna un cap de projecte i un equip de desenvolupadors al seu càrrec, tot procurant que cap d'ells s'especialitzi excessivament en un determinada tipologia edificatòria.

· Estratègia d'implementació

A diferència de la majoria de despatxos del món, el seu va començar emprant Tecnologia BIM des de bon principi, tot i que per aquelles dates el terme encara no era conegut i les aplicacions que llavors existien només implementaven una petita part del seu potencial. La raó d'aquesta afortunada circumstància va ser que ambdós socis fundadors provenien del disseny gràfic i empraven sistemes Macintosh, sobre el que existien poques aplicacions per al disseny arquitectònic. L'escollida va ser precisament ArchiCAD, la qual superava amb escreix les prestacions de les de CAD existents per a PC. L'any 96, ArchiCAD ja feia temps que suportava l'ús de famílies paramètriques tridimensionals.

Això fa que la implicació de les directius de la firma en l'ús de Tecnologia BIM sigui absoluta, sobretot tenint en compte que un d'ells, en Miquel García, fa també de CAD i BIM Manager. Sota aquest càrrec, s'ocupa de la infraestructura tecnològica de l'empresa, cobrint àrees que van des de la formació a la programació d'eines específiques, passant per l'organització documental. Gràcies a això, aquests recursos s'han mantingut ben organitzats a tots els nivells. L'ús de plantilles, configuracions de capes estables, sets de plometes i protocols d'estils ha estat habitual des del primer moment.

A mesura que la firma ha anat creixent, cada nou treballador ha rebut una formació inicial bàsica després de la qual ha passat directament a participar en el desenvolupament dels projectes, ja que segons el propi Miquel García, la millor manera d'aprendre a emprar una eina és aplicar-la en casos reals. Naturalment, aquest període de pràctiques era supervisat per algun dels usuaris més experimentats, que en feien el seguiment de la praxis instrumental. En aquest aspecte, l'auditoria de protocols de modelat és molt estricta, ja que es té el convenciment que és l'única manera de garantir que els sistemes de treball no es pervertien amb el temps i la multiplicitat d'usuaris. Es procura que es segueixi el llibre d'estil de la firma, es respectin la nomenclatura i ubicació dels arxius i que el modelat sigui honest.

Naturalment, tots aquests esforços han anat en consonància amb la voluntat de mantenir una plantilla estable que permetés conservar el valor afegit de la seva formació.

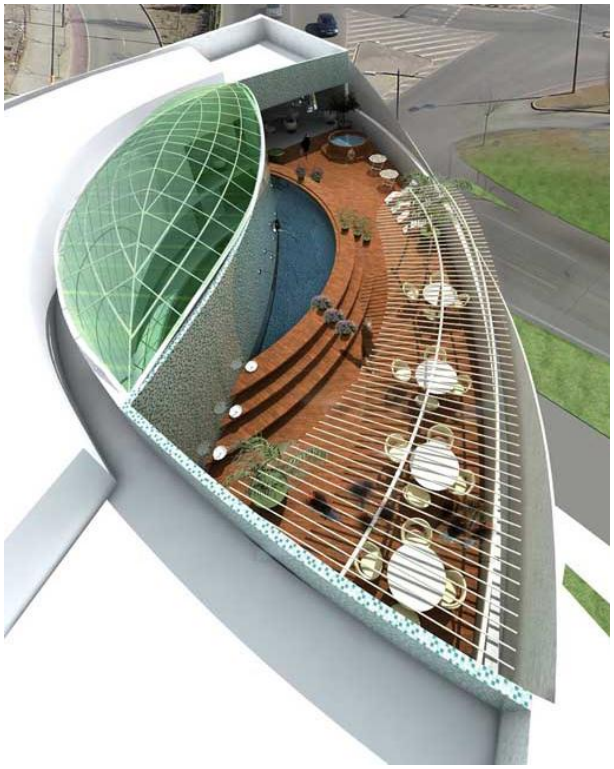


Fig. 6.1. Hotel Natura, a Lleida.

· Grau d'implementació

La implementació de la Tecnologia BIM s'ha aplicat principalment a la disciplina del disseny arquitectònic, doncs és de la que s'ocupen els treballadors de la firma. El disseny de les instal·lacions i de l'estructura es duen a terme per col·laboradors externs. Per tal d'assegurar la seva compatibilitat amb els sistemes arquitectònics, es modelen els seus elements més rellevants i s'introdueixen en el model arquitectònic.

El que sí que s'aprofita és la capacitat d'ArchiCAD d'exportar el model al programa Líder per al compliment de la normativa del CTE, així com el seu sistema d'amidaments automàtics, els quals són importats als pressupostos realitzats amb Presto. Val a dir al respecte que si bé al principi es va provar d'extreure del model un estat d'amidaments complet de tot l'edifici, al final

es va arribar a la conclusió (que personalment comparteixo) que l'estructura de la informació d'un model d'amidaments i pressupostos és molt diferent a la d'un model de disseny arquitectònic i que, per tant, era millor crear-los independentment i aprofitar alguns dels amidaments del model arquitectònic per alimentar el model de costos. Malauradament, encara no disposen d'un sistema que permeti actualitzar aquestes dades automàticament.

· Resultats obtinguts

El fet d'haver incorporat Tecnologia BIM des del principi ha permès al despatx desenvolupar la seva tasca professional de manera molt més eficient que la de la gran majoria de la competència. Per altra banda, el fet que un dels directius fes alhora de CAD i de BIM Manager exemplifica a la perfecció l'interès que té l'equip en integrar les tecnologies de la informació en els processos de disseny, conscients dels beneficis que això comporta.

Segons el propi Miquel García, la principal dificultat que s'ha trobat en la missió de formar als seus treballadors i d'aconseguir que segueixin els protocols de treball establers ha estat la de canviar la seva mentalitat a l'hora de modelar. Quasi la totalitat de les universitats espanyoles formen als arquitectes en l'ús d'eines de representació literal com a mitjà creatiu i per aquesta raó els costa abordar el disseny des d'altres eines.

Un cop superades aquestes dificultats, s'ha pogut comprovar com l'ús de Tecnologia BIM contribueix a millorar la implicació dels dissenyadors amb la seva feina, al establir-se una comunicació molt més directa entre ells i les seves idees a través d'una eina que permet construir l'edifici en comptes de dibuixar-lo.

6.1.2 IMPLEMENTACIÓ A IDOM BARCELONA

El grup IDOM és una gran empresa que presta serveis en els àmbits de l'enginyeria en general, l'enginyeria civil, l'arquitectura, la consultoria i els serveis integrats. Actualment hi treballen més de 2500 empleats distribuïts en 28 oficines a tot el món.

IDOM Barcelona és una d'aquestes oficines i en ella s'integra el disseny d'edificació des d'un punt de vista multidisciplinar. Degut a aquest tarannà, l'estructura jeràrquica és molt horitzontal i variable, amb unes exigències de coordinació molt altes. Això fa que el responsable de cada projecte hagi de seguir amb atenció els processos de treball.

· Estratègia d'implementació

La idea d'implementar Tecnologia BIM en els processos de treball de l'empresa va venir d'un projecte de recerca finançat per la fundació Rafael Escolà, participada majoritàriament pel grup IDOM. Aquest treball, realitzar per Roberto Molinos durant els anys 2006 i 2007, pretenia investigar sobre els sistemes que permeten un desenvolupament més eficient dels fluxos de treball basant-se en la tecnologia paramètrica per a posar-los en pràctica en projectes reals. Fins a aquelles dates, l'eina principal de disseny era AutoCAD, el qual sofria serioses deficiències a l'hora de donar resposta a les necessitats de coordinació dels equips de treball.

El projecte de recerca va concloure que l'eina més adient per a posar en pràctica l'aprés en el camp teòric sobre la Tecnologia BIM i el disseny paramètric era Autodesk Revit, per la seva homogeneïtat d'ús i per les prestacions multidiciplinars de les que gaudeix, així com l'absoluta compatibilitat amb l'estàndard DWG.

Fig. 6.2. Edifici BTEK, dissenyat per ACXT

La implementació va començar amb un projecte de dimensions reduïdes, programa simple i terminis de lliurament suficientment folgats. En aquest cas, el projecte escollit fou el nou parc de bombers i l'edifici de gestió d'emergències per a la zona sud de l'àrea metropolitana de Barcelona. Es tractava de dos petits edificis de 900 i 1500 m2 cadascun, separats per una plaça.

L'equip de treball estava compost per 6 persones, de les quals quatre treballaven amb el nou programa, dos per cada edifici. La voluntat era la de desenvolupar tot el projecte amb Revit, de tal manera que la formació fos eminentment pràctica, buscant l'aprenentatge a través de la superació de les dificultats sorgides al llarg del procés. L'experiència, tot i que un xic temerària, va resultar exitosa donada la predisposició dels implicats. No obstant, val a dir que els primers encaixos encara es van fer amb AutoCAD, cosa que va donar cert marge als implicats per a formar-se mínimament abans de fer-se amb el control del projecte.

Aviat es van començar a apreciar els avantatges de coordinació que implica el treballar amb un model centralitzat, tot i que en les fases finals del projecte es van haver d'exportar vistes del model en dwg per a que la els professions d'altres disciplines poguessin fer la seva feina.

Malgrat les dificultats aparegudes, el balanç global fou positiu i s'han de seguir abordant nous projectes amb aquesta aplicació en les que cada cop s'han anant sofisticant els fluxos de treball i augmentant el grau d' implementació d'aquesta tecnologia.

Fig. 6.3. Infografia del centre d'emergències.

· Grau d'implementació

La implementació va començar a la divisió ACXT d'IDOM, que només es dedica a la disciplina arquitectònica, raó per la qual la Tecnologia BIM només es va aplicar en aquest àmbit. La coordinació amb la feina dels enginyers d'instal·lacions i d'estructures de la resta del grup es va dur a terme a través del clàssic format d'intercanvi d'Auotdesk.

Pel que fa a l'arquitectura, la gran capacitat d'incrustació del coneixement de Revit s'ha aprofitat per a incloure en cada model arquitectònic el màxim d'informació possible sobre el projecte, per tal de emprar-lo com una base de dades per a la gestió dels aspectes més diversos. Els amidaments, però, es fan a la manera tradicional a través de models d'informació independents que aprofiten gran part de les quantitats obtingudes per Revit dels models dels edificis.

Actualment les oficines de Bilbao estan començant a implementar Revit MEP per al disseny d'instal·lacions, tot i que de moment només l'empren per a modelar la seva geometria i així poder coordinar-la amb els sistemes arquitectònics. Els càlculs els continuen realitzant amb les seves eines habituals.

· Resultats obtinguts

Els principals beneficis han estat palpables des del primer moment, tots ells relacionats amb un augment de la productivitat i una millora de la coordinació espectaculars. Al tractar-se d'un

entorn multidisciplinar, el fet de comptar amb la col·laboració estreta dels enginyers va permetre que l'experiència de la Pràctica Integrada fos més rica.

En el procés s'ha après que una correcta planificació del modelat és essencial, especialment pel que fa al nivell de detall dels objectes en funció de l'ús que se'n vol fer i a la previsió de variabilitat que se'n té. Per altra banda, el control de les plantilles de visualització ha estat crucial, no només pel que fa al control visual dels models, sinó també per tot allò relacionat amb la impressió de plànols, tasca encara tediosa de realitzar.

La formació dels usuaris, en canvi, ha resultat sorprenentment senzilla fins a un nivell mitjà, que és el que es precisa per a la majoria d'operaris. La possibilitat de poder-lo dur a terme en el transcurs del desenvolupament dels projectes ha estat un gran avantatge perquè ha permès reduir el cost inicial de la implementació. Tot i així, hagués estat millor comptar amb un CAD Manager que supervisés el procés i un BIM Manager especialitzat que ajudés a planificar el modelat, ja que ho han hagut de fer els propis modeladors. La implantació de Tecnologia BIM obliga a un canvi en la mentalitat dels treballadors de la firma i a una reestructuració substancials dels processos de gestió de la informació del projecte i del seu propi coneixement.

6.1.3 IMPLEMENTACIÓ A B720

B720 és una coneguda firma de disseny arquitectònic situada a l'avinguda Josep Tarradellas de Barcelona. Fundada el 1997, actualment compta amb uns 40 treballadors, tots ells arquitectes. S'ocupen de tota mena de projectes, des d'habitatges a gratacels d'oficines.

L'organització jeràrquica és similar a la del primer cas, amb tres socis fundadors i un sistema de treball estructurat en base a caps de projecte que es responsabilitzen de la feina que fan arquitectes sènior, junior i estudiants. Transversalment, compten amb el suport d'un CAD Manager dedicat en exclusiva a aquesta tasca, el qual va ser el promotor de la implementació de la Tecnologia BIM ens els equips de treball, recolzat pels directius. També disposen d'un equip de dos informàtics que mantenen el hardware i el software de la firma.

Fig. 6.4. Torre Agbar, dissenyada en col·laboració amb Jean Nouvell.

· Estratègia d'implementació

El procés d'implantació de la Tecnologia BIM va començar l'any 2008, tot i que la idea de durho a terme feina temps que es covava a l'espera de l'oportunitat que es donessin les condicions i l'encàrrec idonis.

Les raons venien de la voluntat de millorar la qualitat documental i formal dels projectes, així com d'aprofitar les seves capacitats com a eina de coordinació entre els professionals que intervenen en cada projecte.

Atès que els treballadors de l'empresa feia anys que empraven eines de CAD literal, al principi es va optar per una implantació progressiva que comencés amb un projecte de petites dimensions que requerits un equip de treball reduït. Però tal projecte no arribava, així que es va prendre la decisió de començar la implementació amb qualsevol nou encàrrec que no fos especialment inadequat. Els tres primers foren el nou World Trade Center de Girona, les torres de la Caixa Galicia i el nou Mercat dels Encants de Barcelona. Com que no van arribar simultàniament i dos d'ells van quedar aturats, només es va haver de formar un nombre reduït d'usuaris per a cobrir aquests encàrrecs.

El procés de formació inicial l'ha dut a terme un consultor extern i ha consistit en una primera fase intensiva de nivell bàsic seguida d'un període de sessions setmanals especialitzades en temes avançats que alhora s'aprofitaven per a resoldre els dubtes dels participants o les dificultats sorgides durant el desenvolupament de les seves tasques professionals. Tot el procés ha estat supervisat pel CAD manager, en Jordi Cunill, el qual s'encarrega actualment de les formacions dels nous usuaris.

· Grau d'implementació

De moment, la implementació de la Tecnologia BIM només ha arribat a la disciplina arquitectònica. Amb els col·laboradors s'empren arxius d'intercanvi en format DWG. Els càlculs energètics, estructurals, d'instal·lacions i de costos es realitzen amb aplicacions específiques amb una capacitat d'aprofitar la informació del model BIM molt limitada.

· Resultats obtinguts

Una de les premisses d'aquesta implantació ha estat que fos compatible amb el manteniment de la producció de l'empresa incloent la dels propis treballadors que estiguin migrant, premissa que ha estat força complicada de complaure però que, per altra banda, ha permès que els coneixements sobre l'ús de l'eina es conservessin frescos en la ment dels seus usuaris.

De moment, l'augment de la productivitat com a tal encara no ha estat palpable degut a que els recursos i temps disponibles per a cada projecte s'han seguit assignant en funció del honoraris a percebre i les dates de lliurament. Això vol dir que la inversió de temps i de personal en la redacció dels projectes és idèntica a la dels encàrrecs desenvolupats amb tecnologia tradicional. No obstant, els beneficis obtinguts de tot aquest esforç ja s'han fet notar en la millora de la coordinació formal, gràfica i documental dels projectes.

Per altra banda, el fet d'haver aconseguit complir amb els lliuraments ja és en sí un èxit, perquè els augura una progressiva millora en els processos d'implementació d'aquesta tecnologia que revertiran en millors dissenys i controls de l'execució dels seus encàrrecs. Això els permetrà seguir sent competitius quan l'actual període de recessió econòmica s'esvaeixi, tot recuperant la inversió inicial a mig termini.

6.2 CASOS D'APLICACIÓ

En aquest tema es parla de casos concrets d'aplicació de Tecnologia BIM en projectes concrets realitzats en els despatxos comentats en el tema anterior. Com en el cas precedent, no es pretén entrar en detalls excessius, sinó donar una mostra del resultat de l'ús d'una aplicació BIM en el desenvolupament d'un projecte d'arquitectura local.

A tal efecte hi ha nombrosos casos descrits en publicacions digitals i en llibres. Un bon exemple és el llibre "BIM Handbook" (Eastman, et al., 2008), on es descriuen nou projectes on s'empren aplicacions d'eines amb aquesta tecnologia. S'ha de dir que el grau de sofisticació d'aquestes implementacions sol ser més elevat dels casos que es donen aquí, per la qual cosa resulten una valuosa font d'inspiració.

6.2.1 PROJECTE DEL CENTRE COMERCIAL HERON CITY

El centre d'oci i comerç Heron City de Barcelona és un complex format per diversos edificis que ocupen una illa sencera amb més de 100.000 m2 de sostre construïts. El programa contempla, entre altres usos, 16 sales de cine, hotel, gimnàs, zona comercial, bolera i tres plantes d'aparcament. El despatx d'arquitectura Capella-García va encarregar-se del projecte l'any 1997, finalitzant les obres el 2001.

Fig. 6.5. Fotografia d'una de les torres del complex. Dissenyada a través d'estratègies paramètriques.

El desenvolupament del projecte va ser complicat a causa de les seves grans dimensions i la naturalesa de la figura del promotor, que integrava múltiples inversors amb diversos interessos. Això va ser causa d'un sense fi de modificacions en totes les fases, inclosa la d'execució.

Durant tot el procés, que va durar quasi cinc anys, van passar per ell unes vint persones de nacionalitats diferents, treballant simultàniament una mitjana d'entre cinc i sis. Això va obligar a la firma a organitzar-se per a créixer ràpidament, ja que abans de comptar amb aquest encàrrec, estava formada únicament per tres persones. La gran majoria dels nous empleats van ser formats personalment pel propi soci i CAD Manager de l'empresa, en Miquel García.

L'edifici es va dividir físicament segons els seus edificis principals (aparcament, sala de cines, hotel, centre comercial, etc) tots ells vinculats a un arxiu central. Cada sector era treballat per una sola persona, ja que el sistema de treball multiusuari de que actualment gaudeix encara no estava disponible (la primera versió, "*for workgroups*", va aparèixer en el transcurs de la redacció del projecte). Que fa vuit anys una sola persona pogués encarregar-se d'un edifici de vàries plantes dóna una idea del potencial d'aquesta tecnologia.

Per altra banda, la pròpia gestió de la informació del projecte va suposar un repte. Es van haver de crear protocols de modelat (nomenclatura de capes, situació de fitxers, estils de línea, etc) per tal que fossin seguits estrictament per tots els que intervenien en el projecte. Això assegurava una correcta gestió del model, a pesar de la rotació del personal que se'n va ocupar durant tots els anys que va durar l'encàrrec.

Donat que els terminis de redacció del projecte eren molt curts, durant la fase d'obra es van seguir desenvolupament molts aspectes de l'edifici, atès a que es van començar a vendre els locals comercials durant la construcció del complex, cosa que obligava a redefinir contínuament alguns sistemes, com ara el de les particions interiors. Per altra banda, el control dels costos de l'obra va jugar un paper principal en tot el procés, fins al punt que es va contractar una empresa especialitzada només per a aquesta missió. Aquest factor també va ser motiu de nombrosos canvis durant la fase d'execució.

Afortunadament, els socis de la firma empraven des de feia temps ArchiCAD i van poder beneficiar-se de les prestacions paramètriques i del concepte de prototipus virtual que aquest ja oferia. Per a poder modelar-lo, es van haver de generar multitud de famílies personalitzades, la majoria de les quals van ser creades in-situ a través del sistema de modelat d'objectes a partir. de famílies de sistema d'ArchiCAD. D'altres, van ser programades el GDL pel propi CAD Manager, ja que per aquells temps era l'única persona capacitada per a fer-ho. En alguns casos, aquests objectes eren components que valia la pena crear com a paramètrics per al seu posterior ús amb variacions; en d'altres representaven elements complets que calia estudiar formalment, com ara la torre d'il·luminació o alguna de les façanes del projecte.

La superació de totes aquestes dificultats va oferir al despatx l'oportunitat de millorar els seus processos de disseny i de preparar-se per a afrontar els projectes que van venir després amb un equip organitzat en torn a l'ús de Tecnologia BIM molt abans que aquesta es conegués com a tal. El modelat BIM requereix d'una gran disciplina en la seva execució i d'un alt rigor projectual per a que pugui arribar a bon terme, ja que és altament incompatible amb les construccions incoherents, ja que, com ja s'ha comentat en vàries ocasions, elaborar un BIM és en definitiva construir-lo.

6.2.2 PROJECTE DEL CENTRE D'EMERGÈNCIES DE REUS

El projecte del nou centre d'emergències de Reus va ser el primer projecte important realitzat per IDOM amb Tecnologia BIM. Es tracta d'un edifici de 20.000 m2 repartits en quatre plantes i ubicat en una topografia que, sense ser excessivament complexa, participava del projecte. El client era el propi departament d'interior, i el projecte havia de desenvolupar-se en només quatre mesos.

En aquest cas, es va assignar el modelat BIM del projecte al responsable de la implementació, Roberto Molinos, que va comptar amb l'ajuda, a temps parcial, de dos treballadors més. En aquest cas, el model es va emprar com a recurs de coordinació, ja que els arquitectes responsables del disseny de l'edifici treballaven amb vistes extretes d'ell en format DWG. L'equip de modelat s'encarregava d'actualitzar tolts els canvis efectuats per aquests i d'incloure i gestionar tota la informació del projecte (superfícies, mapes d'usos, etc.) en el model BIM.

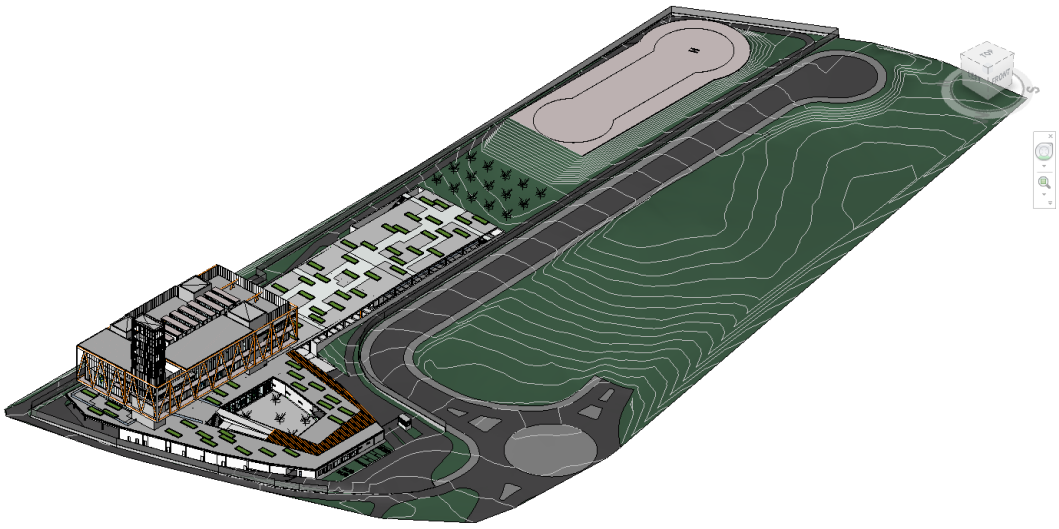


Fig. 6.6. Vista general de l'edifici, on s'aprecia la superfície d'aparcament i l'heliport.

A pesar de que els dissenyadors no modelaven sobre el BIM, el resultat va ser molt satisfactori, ja que podien comptar amb informació sempre actualitzada i coherent. Encara que treballessin amb representacions bidimensionals, podien comprovar el resultat de les seves decisions en un model tridimensional reblert d'informació. Per altra banda, l'avantatge d'aquest repartiment de tasques és que els membres de l'equip que no feien de modeladors BIM podien dedicar-se a pensar sobre el projecte o a realitzar detalls constructius. És un mètode de treball molt habitual en els despatxos on es compta amb delineants, però en aquest cas, el model que es fabrica resulta infinitament més productiu, cosa que pot fer molt rentable aquesta metodologia de treball, fins i tot més que si el modelat fos dut a terme pels propis dissenyadors, almenys a curt termini.

A mitjà i llarg termini, però, tot el procés es veuria beneficiat del fet que els responsables del projecte fossin els creadors del model que permet simular l'edifici, ja que, costos de personal a banda, el flux de dades passaria per menys mans, fent-lo molt més interactiu per als dissenyadors.

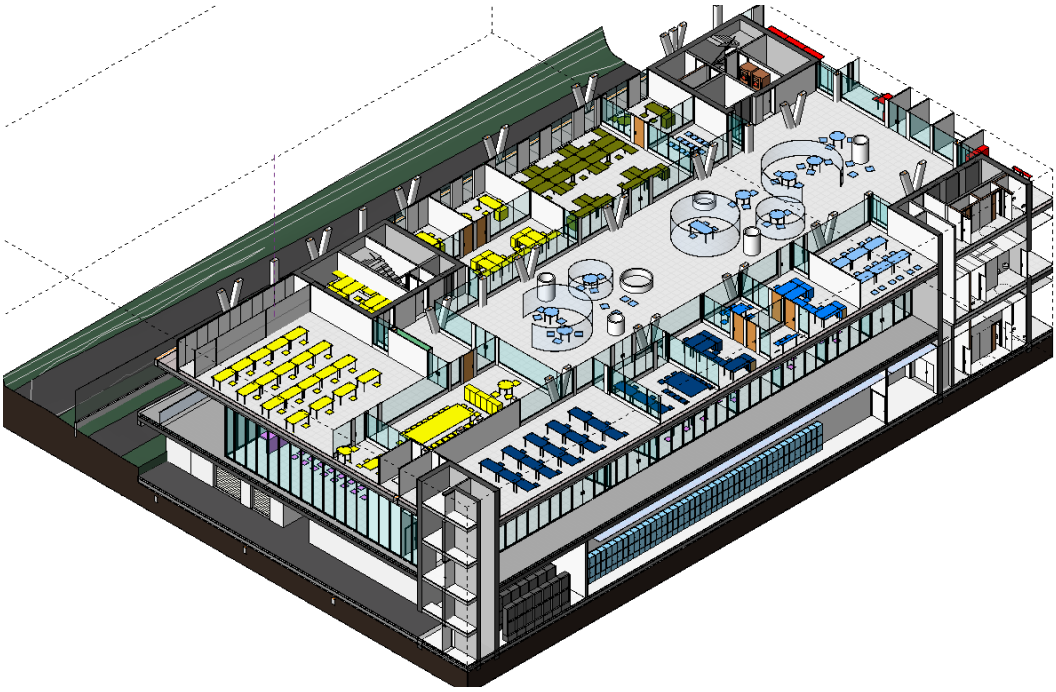


Fig. 6.7. Axonometria seccionada que dóna una idea del detall del modelat.

La contrapartida d'aquest repartiment de feina és que els membres amb responsabilitat sobre el projecte no tenen control directe d'ell, cosa que els fa dependre totalment de terceres persones. En aquesta cas, a més, hi havia l'agreujant que només es comptava amb un modelador experimentat (el propi Roberto), fet que podia fer perillar l'encàrrec si aquest sofria alguna mena de contratemps. Afortunadament, tot va anar bé i en els quatre mesos esmentats es va desenvolupar un projecte de grans dimensions amb una complexitat funcional digna d'esment. Pràcticament un sol modelador va generar més de 380 vistes que van servir per a desenvolupar el projecte i publicar 122 plànols.

En un futur es preveu seguir emprant aquesta tecnologia per a d'altres projectes, amb la perspectiva d'acabar estenent-la a la resta de disciplines presents a IDOM.

Planificació Mobiliari per Cossos_P1		
Codi	Descripció	Quantitat
PÚBLIC		
M1.1	Taula 160x80x74cm (FORMA5 model F-25). Cadira DHARA respatl	6
M5.1	Cadira Nexa amb braços i pala d'escritura retractil sistema anti-pà	146
M6.3	Taula 160x80x74cm (FORMA5 model F-25) amb 8 cadires Nexa a	3
M8.1	Taulell mòduls FORMA5 model F-25	5
M9.1	Butaca-sofa Solo amb braços. Entapissat G.2. OKEN model SOLO	9
M9.3	Banc diferents mides	9
M11.1	Taula 140x70 pota cilíndrica pintada. Sobre laminat 20mm (FERFOR	17
M11.2	Taula 100cm diam. amb 3 cadires Nexa polipropilé sense braços.	8

Fig. 6.8. Taula de mobiliari necessari per a la primera planta.

6.2.3 PROJECTE DEL NOU MERCAT DELS ENCANTS DE BARCELONA

El projecte de nou mercat dels encants de Barcelona ocupa 32.000 m2 de sostre. Fou adjudicat per BIMSA al despatx B720, el qual va guanyar el concurs que es va convocar al respecte l'any 2008. El temps de desenvolupament del projecte fou de 9 mesos, quedant prevista la seva execució per a l'any 2010.

El programa es desenvolupa en un sol espai continuat que es superposa sobre sí mateix en una mena d'espiral triangular formada per una successió de lloses amb una lleugera inclinació. L'oferta comercial principal, les parades i la subhasta, s'ubicarà en una planta a nivell de carrer sense altra edificació que la coberta. La resta de botigues, així com la ludoteca, les oficines, el servei de restauració i una sala polivalent, se situaran a la primera planta. Més a baix, es disposen dues plantes més dedicades a unes 300 places d'aparcament.

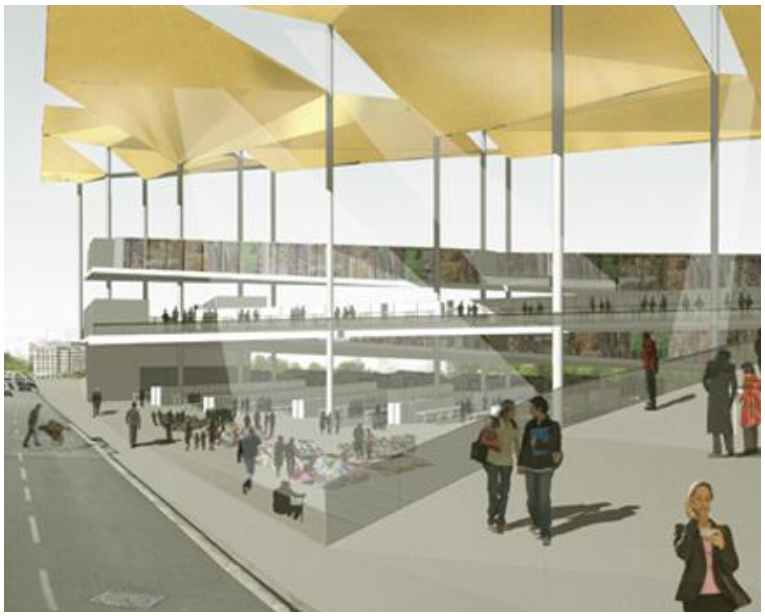


Fig. 6.9. Infografia del projecte.

El projecte va ser assignat a quatre arquitectes que van treballar el concepte per al concurs amb AutoCAD a través de models 2D i 3D. Un cop adjudicat el projecte, el bàsic i l'executiu van ser desenvolupats íntegrament amb Autodesk Revit. Això és quelcom remarcable tenint en compte que tres d'ells eren, lògicament, arquitectes sènior que van haver de completar una formació adequada, fet que prova el seu interès per migrar a aquesta tecnologia. L'arquitecte junior es dedicava a es tasques més especialitzades, com ara el modelat de les famílies.

Com sol passar, el projecte es va complicar força quan va superar la fase de concurs degut a modificacions del programa i a la pròpia maduració de la idea inicial. Això va donar peu a que les prestacions de modelat tridimensional i de visualització de Revit fossin ben aprofitades. De fet, es tracta d'un tipus d'edifici molt difícil de tractar a traves de representacions de planta, ja que quasi tots els seus sostres són inclinats. Per a controlar la seva forma es precisen infinites seccions, tant horitzontals com verticals, la generació de les quals és el punt fort de Revit.

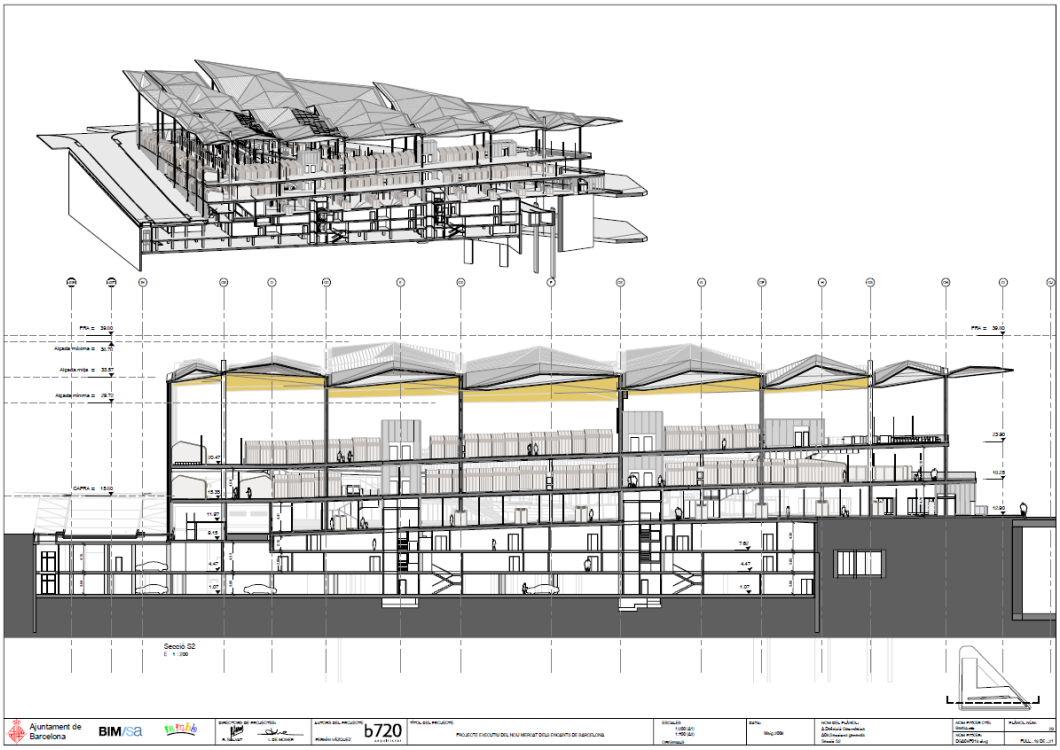


Fig. 6.10. Secció de l'edifici on s'aprecien les plataformes inclinades i el sistema de cobertes.

De fet, un altre projecte engegat amb Revit, el de les torres de Caixa Galícia, va ser abordat directament amb aquesta aplicació a nivell de modelat conceptual, ja que es precisava un control molt acurat de l'edificabilitat a pesar de que els edificis projectats tenien una geometria prismàtica irregular.

Finalment, la coordinació amb els dissenyadors de les instal·lacions i de l'estructura es va fer pel mètode tradicional, tot i que l'enginyeria responsable de les primeres (Grupo JC ja ha començat el procés d'implementació de Tecnologia BIM, tot emprant Revit MEP com a eina principal.

6.3 CASOS DE FORMACIÓ

Tota implementació d'una tecnologia passa per la formació dels usuaris en l'ús de les eines i estratègies de modelat adequades. Actualment a Catalunya s'imparteixen un bon nombre de cursos sobre les aplicacions BIM destinades al disseny arquitectònic, uns pocs dels quals es descriuen en aquest tema.

L'objectiu és mostrar exemples del que es pot esperar d'una formació depenent de la seva durada, contingut i extensió en el temps.

6.2.1 CURS EN MÀSTER SOBRE COMUNICACIÓ VISUAL EN ARQUITECTURA

Al si del Màster en Comunicació Visual en Arquitectura organitzat per la Fundació UPC el curs 2008-2009, es va decidir incloure un curs sobre Tecnologia BIM i Autodesk Revit. El programa constava de 50 hores en total. D'elles, 15 es van dedicar a parlar d'aspectes teòrics respecte el BIM en general i el seu ús com a eina d'ideació, i 35, a un curs de nivell intermedi d'ús d'Autodesk Revit Architecture. El curs l'impartien Andrés de Mesa, Roberto Molinos i jo mateix.

La metodologia de treball va ser la de dedicar cada sessió (de cinc hores) a una introducció teòrica sobre un aspecte determinat de l'ús de l'aplicació (per exemple, el modelat de sostres) seguit d'un temps de pràctica que s'estenia al llarg de les tres o quatre hores restants. Com a objecte de les pràctiques, es va optar per a deixar que cada alumen escollís un projecte arquitectònic que estès desenvolupant. D'aquesta manera, s'aconseguia motivar-lo amb un exercici estretament relacionat amb la seva activitat professional.

Pel que fa a les classes teòriques, es va preparar un material de bona qualitat que expliqués els conceptes essencials del funcionament de les eines que més tard provarien els alumnes. No es tractava de dictar els comandaments necessaris per a cada funció, sinó d'indicar on es trobaven i el sentit que tenien.

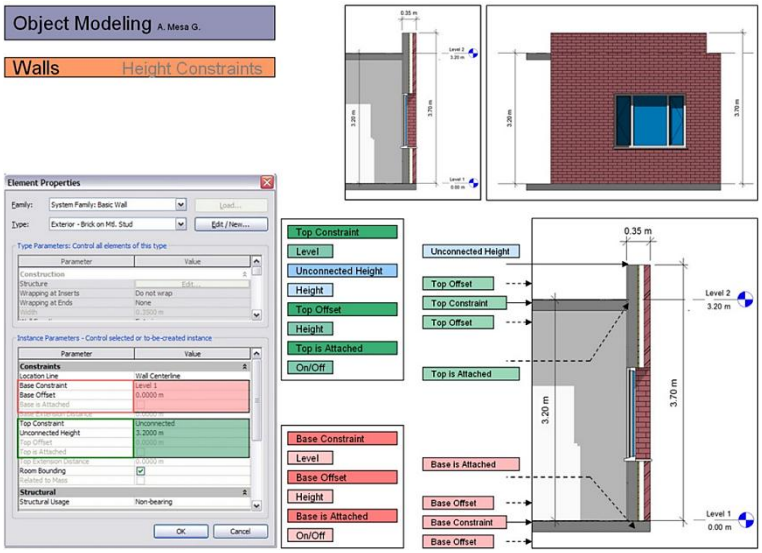


Fig. 6.11. Una de les moltes diapositives mostrades al curs, elaborada per Andrés de Mesa.

El ritme del curs fou força trepidant, però hi va haver prou temps per a introduir tots els aspectes funcionals i estratègics del programa sense aprofundir excessivament en cap d'ells. No obstant, els resultats obtinguts van ser molt satisfactoris. Cada alumne va aplicar el concepte de modelat de la informació de manera diferent, adaptant-lo a les necessitats del seu projecte. En definitiva, es va tornar a demostrar que la millor manera d'aprendre quelcom és posar-ho en pràctica en alguna cosa que ens interessi personalment. Així, el ventall de problemàtiques que varen poder abordar els alumnes va ser molt més ampli del que hagués estat disponible si s'haguessin emprat exercicis guiats. Per altra banda, el propi desenvolupament dels exercicis va donar peu a intervencions dels professors que van servir per ampliar formació de tots els presents, especialment pel que fa als conceptes de la Tecnologia BIM.

L'última sessió del curs es dedicà a exposar els camps que havien quedat pendents d'impartir i a l'exposició pública de tots els treballs per part dels mateixos alumnes.

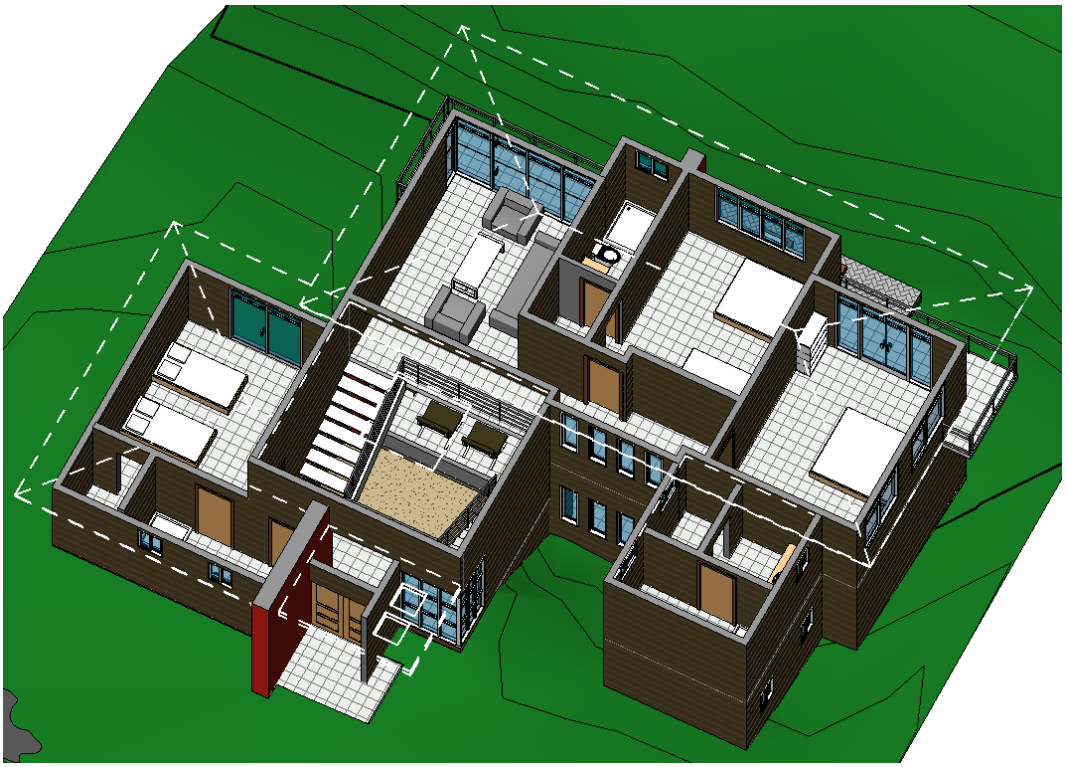


Fig. 6.12. Un dels projectes entregats al final.

6.2.2 CURS DE 25 HORES A LA SALLE

Ferran Masip imparteix, des de fa uns tres anys, cursos de Revit Architecture a l'Autodesk Training Center de la Salle Bonanova. Fins ara, el nivell d'aquestes formacions havia estat bàsic, però a partir del curs 2009-2010 es començaren a oferir cursos de nivell avançat. La seva duració és de 24 hores repartides en 8 sessions durant el període lectiu i 6 durant les vacances d'estiu.

L'alumnat acostuma a estar format majoritàriament per arquitectes, però sovint hi apareixen altra mena de professionals, com ara interioristes o aparelladors dedicats al Project

Management. Per altra banda, els motius que tenien per a assistir al curs han anat evolucionat amb el temps. Si bé al principi solien acudir sense saber gaire què podrien esperar de l'aplicació, actualment tenen una idea força clara de quines són les seves prestacions i per a què la volen emprar. Són professionals que fa temps que volien canviar les seves eines de treball i han vist que a la fi és possible.

L'objectiu principal del curs és la d'introduir el funcionament del programa i les seves estratègies de treball essencials; així com aconseguir que els assistents canviïn de mentalitat respecte a la naturalesa i ús de les eines de disseny arquitectònic. El missatge que es dóna és que amb una aplicació BIM no és dibuixa; es construeix.

La metodologia de treball consisteix en un temari que es reparteix en unitats que cal començar i acabar en una sessió, tot resolent exercicis específicament preparats per a tal missió. Els models generats no es solen aprofitar per a exercicis posteriors, la qual cosa permet controlar totalment el context de l'exercici.

Tot i que els resultats acostumen a ser prou bons, en opinió d'en Masip el temps disponible es massa escàs, sobretot tenint en compte que per als cursos d'eines de CAD tradicional s'hi dediquen 35 hores, que és un període molt més adequat per a una aplicació d'aquesta mena.

6.2.3 CURS INTENSIU PER A PROFESSORS DE L'ETSAB

L'objectiu del curs era fer una introducció als principis de la Tecnologia BIM i a l'ús i característiques d'Autodesk Revit a un grup de professors de la secció de Geometria Descriptiva del departament d 'Expressió Gràfica I de l' Escola Tècnica Superior d'Arquitectura. Només es disposaven de tres jornades senceres consecutives, així que fou un curs intensiu d'unes 24 hores amb un marcat caràcter pràctic.

Degut a l'absència de temps per a dedicar-lo a realitzar exercicis fora de les classes, la formació només va poder servir per a l'il·lustrar als assistents sobre les característiques generals del programa i per a servir-los d'introducció al seu ús, però no per a fer-los competents en cap aspecte. Per altra banda, el ritme trepidant de les sessions no podia ser seguit pels alumnes, que es perdien sovint tot i tenir un nivell de formació alt en l'ús de diverses eines de CAD.

No obstant, la concussió fou que un curs d'aquesta mena sí que servia per a que els assistents es fessin una idea del funcionament general del programa i de les seves prestacions. De fet, aquest era l'objectiu del curs.

Fora d'aquest context, pot resultar molt útil com a eina comercial, ja que el possible client pot, en relativament poc temps, obtenir una valuosa informació que l'ajudi a escollir una o altra solució. També pot servir com a formació introductòria a ser ampliada posteriorment de forma autodidacta o, molt més recomanat, a través d'un curs més prolongat.

Capítol 7.
CONCLUSIONS FINALS

7.1 REFLEXIONS SOBRE L'APRÉS

Durant tot aquest període de recerca, que ha durat tres anys i mig, he tingut l'oportunitat de recopilar i analitzar un gran volum d'informació sobre la tecnologia BIM en general i sobre nombrosos aspectes concrets de la seva implementació en diversos contextos. Gran part d'aquest treball s'ha dedicat a redactar un material que permetés divulgar el que he pogut aprendre d'altres fonts, fent un esforç per a adequar-ho al nostre context tot fent-ne les aportacions que m'han semblat oportunes. Aquestes aportacions han estat de diversa índole: algunes provaven de millorar la coherència del discurs del que s'explicava, d'altres adaptaven conceptes forans a la terminologia local i la resta afegia idees pròpies.

No obstant, resta documentar les conclusions a les que s'ha arribat al final del procés, a títol de síntesi del que s'ha de transmetre al profà en la matèria.

7.1.1 CONCLUSIONS SOBRE LA TECNOLGIA BIM

Vist amb perspectiva i si s'atén a les últimes publicacions sorgides en els darrers dos anys (tampoc n'hi ha gaires de més antigues), sembla haver una relació estreta entre la Pràctica integrada i la Tecnologia BIM, impulsant-se i justificant-se mútuament. Però el cert és que els seus conceptes filosòfics i tecnològics porten anys desenvolupant-se de forma força independent. La primera parla dels beneficis de treballar de forma conjunta en totes les fases del projecte i de la necessitat d'aprofitar la informació que hom genera per a tots els processos que es donin al llarg de tot el cicle de vida de l'edifici. La segona, de com es pot descriure un edifici des de la tecnologia de les bases de dades emprant objectes paramètrics. Ente elles hi ha el nexe d'unió de la gestió de la informació, a la que les TIC estan donant un impuls que s'accelera de forma exponencial en tots els àmbits. De fet, les Tecnologies de la Informació i la Comunicació són el trampolí que està catapultant la nostra civilització cap a uns horitzons inabastables amb eines analògiques.

Els avantatges d'una i altra justifiquen la seva incorporació en la praxis quotidiana, però el boom que han experimentat en els últims anys en el seu creixement i divulgació ha estat degut a la simbiosi que usuaris i comercials han sabut establir.

No obstant, encara queden molt serrells per tallar i molts camps per a desenvolupar seriosament. Quan es ven una idea o un producte és molt important saber gestionar les expectatives del destinatari. Els desenvolupadors de software BIM donen per fetes prestacions que sovint no estan del tot operatives (com per exemple, la connexió amb aplicacions d'anàlisi o el modelat de formes lliures). Això pot crear falses expectatives en la ment dels usuaris o dels seus caps que desemboquin en una experiència decebedora que impedeix veure els grans avantatges que ofereix aquesta tecnologia.

D'aquests avantatges, el més important ara per ara es el de la coordinació formal i documental del projecte. Això no només permet una alta productivitat en la generació del modelat, sinó també un control real del projecte. Per altra banda, com que tot això és possible en la mesura que el model tingui, almenys, informació tridimensional, calen estratègies que permetin representar i editar un projecte senzill amb aquest nivell de detall. Aquesta és la gran aportació

del modelat paramètric en general i, més concretament, del modelat en base a objectes paramètrics, els quals permeten optimitzar la relació entre l'esforç de modelat i els resultats obtinguts. D'aquest avantatge estructural se'n deriven molts altres que ja són una realitat, com la millora de les condicions laborals al eliminar les tasques de representació sense valor afegit i la disminució dels problemes relacionats amb deficiències en el disseny o en la comunicació entre les parts.

Fig. 7.1. Torre paramètrica definida en funció de bases logarítmiques. L'elevat grau de detall és possible gràcies al control jerarquitzat dels seus sistemes. L'arquitecte descriu les lleis que regeixen els objectes que modela el software. Això li permet controlar un edifici que no pot imaginar en la seva totalitat. La pregunta següent és si plantes i seccions són la millor manera de descriure la seva construcció.

.

Altres avantatges ja arribaran. L'anomenat disseny per prestacions està molt viu conceptualment però falta incrementar la interoperabilitat i la interacció entre les eines que el fan possible per a que aquest es pugui aplicar de manera universal a l'arquitectura contemporània. Mentrestant, val la pena començar-hi a treballar i no oblidar-se que el camí fet fins ara ja representa un canvi del qual ningú vol retornar.

Per altra banda, l'esperada Pràctica Integrada multidisciplinar, només serà possible quan el grau d'implantació d'aquesta tecnologia assoleixi una massa critica suficient per a que sigui viable comptar amb que tots els col·laboradors treballin amb aplicacions BIM. Exactament el mateix que va passar amb el CAD tradicional. També amb el correu electrònic, el telèfon mòbil, el cotxe, la rentadora, el rellotge i qualsevol de les tecnologies que avui donem per absolutament integrades en la nostra civilització.

Mentrestant, ja hi ha professionals del disseny arquitectònic que s'estan apuntant a canvi tot realitzant els primers projectes emprant aplicacions BIM per al disseny arquitectònic. De fet, al nostre país aquesta ha esta tradicionalment la porta d'entrada d'aquesta tecnologia molt abans que se'n popularitzes el seu terme. Paral·lelament, una selecta minoria de professionals fa una dècada que empra eines com ArchiCAD o Allplan, gaudint ara de la situació avantatjada en que es troben per afrontar l'actual crisi del sector. Aquests professionals fa temps que han superat el canvi de mentalitat necessari; conceptualment molt important, però a la pràctica molt més natural del que es podria pensar.

Fig. 7.2. Pintura de Renee Magritte realitzada al 1929 titulada "Això no és una pipa". El dibuix d'una pipa no descriu tot allò que és una pipa. Il·lustració apareguda en un article a Aecbytes.

La gran majoria dels professionals, però, encara ignoren el potencial del BIM i, fins i tot, en desconfien recordant prejudicis basats en limitacions absolutament superades. No se n'adonen que la conjuntura actual resulta ideal per a la migració. Si bé és cert que poden no disposar de recursos econòmics per a pagar formadors, la possibilitat de l'auto aprenentatge de fonts adequades és ara possible (molt més que abans). El món que vindrà quan l'economia remunti ja no serà tan condescendent amb la ineficàcia dels sistemes productius que fins ara s'havien tolerat en el boiant sector de la construcció.

No obstant, és cert que l'amortització de la inversió en aquesta tecnologia es difícil de ponderar, sobretot perquè encara no es pot comptar amb un nombre suficient d'experiències. La majoria de beneficis econòmics no es perceben de manera directa perquè provenen del valor afegit de la feina dels modeladors, el qual s'acabarà traduint en diners a mitjà o llarg termini. Per altra banda, a mesura que l'experiència en el desenvolupament de projectes amb aplicacions BIM augmenti, es podran confiar menys recursos humans al modelat en sí, la qual cosa permetrà entregar millor productes i augmentar la productivitat directa.

En qualsevol cas, el que sí que està clar és que les eines de CAD tradicional no tenen futur en un entorn on tots els àmbits s'estan beneficiant de les TIC. Ara per ara, el BIM és l'única sortida viable per a un disseny que ha de ser precís i productiu. Prova d'això és l'augment exponencial de la difusió que se n'està fent d'uns anys ençà en els mitjans especialitzats en AEC en d'àmbit internacional. BIM és sinònim de tecnologia per a la promoció, disseny, construcció i gestió de l'arquitectura i ve a omplir un vuit que el CAD tradicional no pot cobrir.

7.1.2 CONCLUSIONS DOBRE LES ANÀLISIS DE LES APLICACIONS

El fet d'analitzar en profunditat dues aplicacions BIM m'ha servit per a conèixer de primera mà les possibilitats d'aquestes eines i el seu abast real. Per altra banda, el prolongat període en el que s'ha dut a terme aquest treball, m'ha permès veure cap a on evolucionaven les versions d'aquests programes, fent-me una idea de l'estratègia dels seus desenvolupadors.

Les dues eines tenen un plantejament molt similar en front a la base de dades de l'edifici, ja que ambdues es basen en la càrrega del model global en memòria. En la meva opinió, aquesta és l'opció més vàlida, ja que emula el que estructuralment és un edifici: un objecte global. Fins que arribi el moment que els modeladors basats en Intercanviadors BIM (veure apartat 2.2.5) estiguin madurs, aquesta és la millor estratègia per a gestionar la informació d'un projecte, a pesar que s'hagi de tenir en compte el rendiment computacional al emprar-la.

El que sí canvia és el motor que permet accedir a la informació. Ambdós permeten accedir-hi ella en temps real i editar-la des de qualsevol de les seves visualitzacions, però només Revit té un motor d'actualització de les vistes en temps real. Això el desmarca de tota la resta, essent una de les característiques que l'ha fet popular per la gran interactivitat que ofereix, però pot ser font de problemes d'estabilitat i rendiment gràfic. ArchiCAD, no obstant, obté resultats similars (actualització automàtica, bidireccionalitat i qualitat gràfica) amb un motor més conservador però molt desenvolupat.

Quant al modelat de la informació resulten molt similars pel que fa a les seves estratègies i eines, especialment pel que fa als sistemes arquitectònics generals. El que si que canvia és la forma d'introduir els paràmetres. Mentre Revit ofereix una mateixa interface per a totes les categories d'objectes, ArchiCAD gaudeix d'uns mecanismes més amables i molt més intuïtius per a l'usuari final. Com a contrapartida, el sistema de parametrització de Revit és universal per a tots els objectes i la seva capacitat per a incloure i tractar informació als objectes des del projecte és envejable, tot i que rudimentària.

Pel que fa al modelat de la informació geomètrica, Revit ha apostat clarament per dotar a l'usuari de mecanismes de control paramètric cada cop més avançats. Revit permet fàcilment establir certes relacions personalitzades entre les famílies dels objectes (mitjançant alineacions o sota el concepte d'amfitrió). Per altra banda el nou modelador de masses de la versió 2010, combinat amb les eines de creació de murs cortina el converteixen en la millor BIM per al disseny formal. Una altra qüestió és si aquestes prestacions son necessàries per a la majoria d'arquitectes o si provenen de la voluntat de desmarcar-se de la competència amb un argument comercial atractiu. Als arquitectes els preocupa que les aplicacions BIM limitin la seva creativitat formal i Revit promet donar el que demanen en el camp del disseny formal.

ArchiCAD es molt més discret en aquest sentit, però ofereix eines de treball de més qualitat en la majoria dels casos. El seu objectiu sembla ser satisfer les necessitats de la gran majoria de professionals que desenvolupen projectes en el context actual. Així, el marge que dóna per a la representació literal és més ampli, i s'afanya a donar suport a problemes més prosaics, com ara el control detallat de les vistes, la generació de taules de fusteries o l'exportació d'amidaments.

El sistema de generació de famílies paramètriques també és diferent. Revit compta amb un sistema de modelat paramètric gràfic molt potent però que es veu limitat per les pròpies prestacions de la interface. En canvi, ArchiCAD disposa d'un complet llenguatge de programació basat en instruccions de modelat que permet fer quasi qualsevol cosa. L'inconvenient és que no resulta tant interactiu, tot i que, un cop generada la família, la seva parametrització resulta molt més fàcil d'editar o ampliar. Tant en un cas com en l'altre, ambdues disposen de mecanismes per a crear famílies in-situ per a un us particular. La diferència és que amb Revit aquests elements es creen amb les mateixes eines que qualsevol família genèrica (i es poden parametritzar) i amb ArchiCAD es modelen emprant les eines de modelat de famílies de sistema (per a crear una finestra amb l'eina de sostre, per exemple). Ambdós sistemes permeten la creació d'objectes de manera ràpida, però en aquest cas segueix essent superior el de Revit perquè permet una major llibertat en el posicionament tridimensional (tot i que encara no s'apropa al que es pot gaudir amb qualsevol eina de modelat 3D comuna).

Pel que fa al nivell de resposta d'aquestes aplicacions a les necessitats de modelat, gestió i anàlisi de la informació en relació a la fase per a la qual passa, trobem que Revit està més capacitada per a les fases de modelat conceptual i de disseny detallat i ArchiCAD compta amb eines més desenvolupades per a aquesta i la de documentació. Dic això basant-me en el fet que Revit disposa de millors eines de modelat formal i ArchiCAD el supera en la seva connectivitat amb aplicacions d'anàlisi (especialment les que es distribueixen aquí). Les prestacions de publicació també estan molt més desenvolupades, amb bons sistemes de gestió de les diferents vistes creades per a la col·laboració amb terceres persones.

Per altra banda, també és interessant constatar que el desenvolupament d'ambdues aplicacions està encara molt viu, doncs cada any s'incorporen novetats que incrementen l'abast de les seves eines. Per exemple, en les seves últimes versions, Revit ha incorporat eines de modelat lliure i ArchiCAD ha posat al mercat un modelador MEP per a ArchiCAD i ha transformat completament les eines de treball col·laboratiu de la nova versió 13, oferint un sistema revolucionari basat en un servidor BIM. Les eines d'anàlisi energètica, per las seva banda, també estan centrant l'interès del desenvolupament. Tant Graphisoft com Autodesk ja en disposen i sembla que el seu plantejament és prou seriós.

La conclusió final és que, tot i les diferències, ambdues aplicacions són perfectament vàlides per al desenvolupament de qualsevol projecte des de principi a final. Les mancances d'una i altra poden ser superades amb camins alternatius, la majoria d'ells accessibles des del propi programa. La prova de la seva funcionalitat està en els casos d'èxit que ja es coneixen de l'ús d'ArchiCAD i els que es comencen a divulgar dels de Revit.

7.1.3 CONCLUSIONS SOBRE L'ESTUDI DE CASOS

L'estudi de casos m'ha servit per a estudiar la viabilitat de l'ús d'aquesta tecnologia en un entorn laboral on la majoria d'usuaris no disposen d'un gran nivell en l'ús d'aplicacions informàtiques i on els seus caps no estan avesats a considerar la importància de les eines que utilitzen els seus empleats.

Donats els resultats satisfactoris obtinguts, la conclusió general que se n'extreu és ben senzilla; val la pena invertir en aquesta tecnologia perquè els beneficis són palpables des del primer dia i els costos i riscos de la migració són perfectament assumibles. El grau de desenvolupament de les aplicacions BIM i l'experiència acumulada per milers d'usuaris fan que els nouvinguts puguin tenir la seguretat que es podran obtenir els productes BIM que s'esperen; si és que estan correctament formulats i no responen al que dicten els fullets publicitaris.

Per altra banda, els estudis de casos locals tenen la important missió de servir de referència per a la divulgació d'aquesta tecnologia, que és l'objectiu final d'aquest treball. Els arquitectes d'aquest país segur que acceptaran millor un canvi si anteriorment ha esta provat amb èxit per altres professionals, especialment si el tipus d'arquitectura que produeixen gaudeix de cert prestigi. Col·lateralment, els estudis de casos m'han permès entrar en contacte amb els professionals responsables d'aquestes implementacions, que s'han convertit en una font molt valuosa d'informació al respecte.

· Casos d'implementació

La primera conclusió que es pot treure dels casos d'implementació és que l'actitud dels implicats vers aquesta circumstància és essencial. Aquest factor és el que pot convertir una oportunitat en un problema. Si l'actitud és la correcta i la direcció de la firma recolza el procés, és possible planificar correctament la implementació de la Tecnologia BIM tot assignant-li els recursos personals i econòmics suficients per a migrar tot un equip de treball complet. Això permet no només optimitzar els processos de treball, sinó ampliar el coneixement sobre el BIM i el valor afegit que comporta a tot l'equip, amb la qual cosa el seu potencial és multiplica.

En cas contrari, s'aconsegueix una implementació parcial que no permet canviar el fons dels processos creatius sinó que només afecta parcialment als mecanismes productius (com ara la generació de la documentació del projecte). Es tracta del cas en el que un únic usuari per equip s'encarrega del modelat BIM de tot el projecte mentre la resta segueixen treballant amb eines tradicionals. A pesar de la dificultat afegida de la coordinació de la informació (el BIM s'empra amb aquesta finalitat), ens podem trobar fàcilment que la productivitat final és més alta (gràcies a l'especialització de l'operari en qüestió) i que òbviament, el retorn de la inversió sigui més immediat (perquè la despesa inicial ha estat molt menor). Però com a contrapartida tindrem un equip que no sabrà treballar de forma realment integrada i que, encara més greu, dependrà d'un sol treballador per a generar els productes BIM, cosa que és arriscada tenint el compte que els seus honoraris no acostumen a ser els més onerosos.

Pel que fa a la gestió de les expectatives, ja s'ha comentat en repetides ocasions que és molt important ajustar-se a la realitat d'una tecnologia per tal de no decebre els que l'han d'adoptat. Malgrat això, sempre hi haurà usuaris o Project Managers que es sorprendran de que

determinades opcions de disseny no siguin fàcilment traduïbles al model, especialment les geomètriques. Llavors, s'ha de demanar paciència i recordar que, com que el BIM simula la construcció, si quelcom es difícil de modelar, segurament serà difícil de construir. En qualsevol cas, si en un parell de dies no s'ha trobat la solució, sempre es pot recórrer al modelat literal, deixant clar que es tracta d'una solució excepcional.

També ens podem trobar amb usuaris que no apreciïn els avantatges del modelat BIM i es concentrin en les dificultats que han de superar. Això és molt improbable que passi amb els que operen directament amb BIM si aconsegueixen assolir un grau de competència suficient, però pot passar amb els Project Managers o els arquitectes que no han de fer la feina bruta. Cal aconseguir que siguin conscients del que aporta el BIM i fer-los plantejar si el que consideren una limitació ho és realment o, simplement, és quelcom que hom estava acostumat a poder fer i que ara no és possible. Per exemple, el fet de no poder controlar al detall el grafisme d'una vista pot ser considerada una limitació enutjosa ja que molts arquitectes actuen com si part de la seva feina fos crear boniques composicions en els plànols que entreguen. Llavors cal considerar quin és l'objectiu d'aquella visualització (construir l'edifici, vendre a idea al client, col·laborar amb un consultor, etc.) i si realment és indispensable representar l'arquitectura de la manera com es feia i si es pot trobar una forma prou satisfactòria. De passada, podem emfatitzar el potencial gràfic que té un sistema de visualització paramètric (aconseguir vistes esquemàtiques de tota mena, traçats, d'ombres, perspectives fugades anotades, etc.). Si malgrat tot, es segueix precisant quelcom impossible d'emular amb l'aplicació, sempre es pot passar a treballar amb una representació lateral d'aquella vista, deixant clar que es tracta d'un cas excepcional motivat per un objectiu determinat (com ara guanyar un concurs). L'esforç pedagògic que s'ha de fer en una implementació de Tecnologia BIM és considerable però inevitable i molt recomanable.

En qualsevol cas, cal tenir present que els beneficis d'implementar la Tecnologia BIM són palpables a curt termini, però el seu retorn econòmic resulta difícil de ponderar. No em sembla doncs una bona estratègia justificar la conveniència de migrar-hi en termes de productivitat bruta, sinó fer-ho més en relació a la millora del producte, a les condicions de treball que el fan possible i al valor afegit incorporat a l'equip humà implicat. Sóc conscient que aquesta no es una estratègia del tot habitual en un CAD Manager, però els números poden no sortir en un termini prou curt com per a convèncer els implicats si només es té en compte aquest factor. Per altra banda, en la línia de gestionar correctament les expectatives, l'obtenció d'aquesta mena de beneficis és molt més segura que l'amortització econòmica directa. A la llarga, estic absolutament segur que la productivitat total augmenta ostensiblement, però cal un cert temps per a valorar-la. Tot plegat, estem parlant d'implementacions que només tenen un parell d'anys d'antiguitat.

Per altra banda, sembla que, si bé al camp del disseny arquitectònic com a tal tot just comença a expandir-se la implementació del BIM, a la resta de disciplines encara està a les beceroles. Però és curiós constatar com a Estats Units, per exemple, els primers casos d'èxit que s'expliquen es refereixen a projectes on les instal·lacions tenien una gran presència (com al hospitals, per exemple) i van ser modelades tridimensionalment per a la seva coordinació a les fases de projecte i execució. Aquí, els tècnics encarregats del desenvolupament dels sistemes estructurals i d'instal·lacions empren aplicacions especialitzades que, de fet, generen petits models d'informació (parlo d'aplicacions com Cype o Tricalc) i que, actualment, tot just

comencen a poder aprofitar part de la informació exportada d'un model BIM actual. No estan preparades, però, per a compartir el model amb les aplicacions BIM per a arquitectura. Alguns arquitectes fan servir aquesta circumstància per argumentar que encara no ha arribat el moment de canviar, però el cert és que es perden molts dels avantatges dels que ara podrien gaudir independentment de si els seus col·laboradors emprem Tecnologia BIM o no.

El que sí que es cert és que, en el context del nostre país, l'actual increment dels requeriments burocràtics que han de complir es projectes (CTE i companyia) fa que l'elecció d'una aplicació BIM o una altra tingui molt a veure amb la capacitat real de respondre a aquestes necessitats. Així, si bé Revit pot ser més adequat per a projectes "de concurs", ArchiCAD o Allplan probablement s'adeqüin millor als problemes de l'edificació de pressupostos, requeriments i terminis més ajustats.

Seguint en aquesta línia, hi ha firmes que han invertit molts recursos en desenvolupar aplicacions i personalitzacions per a les seves aplicacions de CAD, conscients de la importància de millorar les seves prestacions. Canviar de tecnologia implica canviar d'eines i l'ús de moltes d'aquestes extensions haurà de ser abandonat. L'únic factor a valorar aquí és si els beneficis obtinguts superen els perjudicis de no poder emprar-les. Per alta banda, també cal tenir en compte que les aplicacions BIM disposen d'una API de programació que permet tornar a implementar aquestes utilitats en el nou entorn de treball.

Finalment, cal parlar del risc que representa per a qualsevol empresa invertir en formar els seus treballadors. Si bé és cert que es corre el risc que aquests aprofitin el valor afegit adquirit per a buscar o demanar millors retribucions, també cal veure que precisament es tracta això: que l'usuari de CAD estigui millor format, a seva feina valgui més i que per això se'l pugui pagar millor. Formar és una forma de fidelitzar que de vegades pot tenir l'efecte contrari. No obstant, també s'ha de dir que en el cas concret que ens ocupa i tenint en compte el baix percentatge d'implantació del BIM al nostre país, el fet d'aconseguir que un treballador empri aquesta tecnologia fa que difícilment vulgui deixar la seva feina actual per a tornar a galeres en una altra empresa que encara empri mitjans tradicionals. És com si algú que actualment fa servir CAD l'oferissin treballar amb tiralínies.

· Casos d'aplicació

Els casos d'aplicació comentats aquí i d'altres que he pogut conèixer han demostrat que les aplicacions BIM actuals són adequades per a cobrir les necessitats del disseny detallat i la documentació de qualsevol projecte, almenys en les disciplines arquitectòniques. En la resta de fases, el seu ús està molt menys provat, exceptuant tot allò que faci referència a la coordinació espacial i dimensional en la fase d'execució.

L'àmbit del disseny conceptual està començant a aprofitar la tecnologia paramètrica per a crear models interactius i que a més siguin analitzables. En aquest aspecte Revit hi esta posant molt interès, conscient de la importància que té per a la Pràctica Integrada que la informació dels models no es perdi al passar d'una fase a l'altra. Em refereixo a les eines de modelat i anàlisi de masses en general, incloent les de vinculació de tancaments i panelització, i dels sistema d'aplicació d'atributs als objectes.

Estic segur que en els pròxims anys anirem veient com les aplicacions BIM per al disseny arquitectònic van incorporant noves funcionalitats per a donar resposta a les necessitats d'aquesta fase inicial, tant important pels arquitectes a causa de la càrrega creativa que té i tant profitosa des de la perspectiva de la Pràctica Integrada pel potencial que ofereix tota la informació que s'hi aconsegueix.

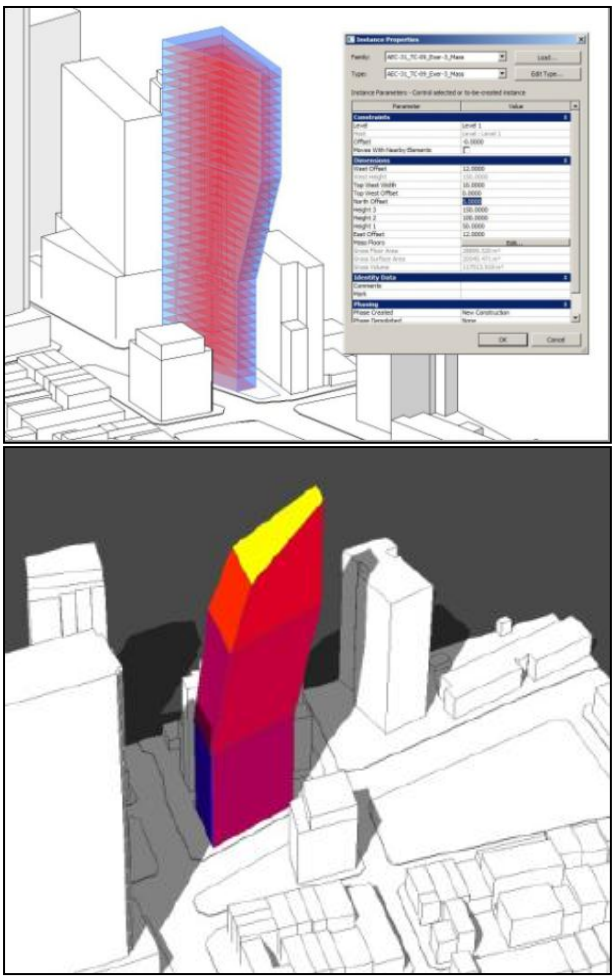


Fig. 7.3. Imatges d'un cas descrit en un whitepaper publicat per Autodesk aquest any en el que l'estudi CASE Design estudia la forma d'un gratacels controlant alhora els paràmetres d'edificabilitat i assolellament.

Ha estat sorprenent que, en la gran majoria dels casos, no hi ha hagut la pèrdua de rendiment inicial prevista a la majoria de documents publicats fins ara. En teoria, el fet d'emprar una eina per primera vegada fa que al principi el rendiment dels usuaris sigui molt baix. La realitat és que els directors de projecte han assignat els mateixos recursos als encàrrecs que s'ha decidit desenvolupar amb BIM i, com que els terminis s'han pogut complir, la productivitat no s'ha vist afectada. Això vol dir que, a partir d'ara, cal esperar que aquesta augmenti gràcies al perfeccionament dels processos de modelat i a la perícia dels operaris.

Per altra banda, aquest fet també demostra que la millora en la usabilitat de les aplicacions BIM, almenys de les analitzades, impacta favorablement en la productivitat i que, en mans de bons formadors, la migració de tots els membres del l'equip és possible, fins i tot la dels sèniors. De fet, emprar una aplicació BIM correctament pot resultar més fàcil en alguns

aspectes que fer-ho amb una de CAD, ja que les seves eines de modelat estan molt més guiades. Si abans era necessària molta disciplina a l'hora de coordinar les diferents plantes dun projecte, ara resulta més senzill amb un modelador BIM, especialment si es basa en l'accés a memòria.

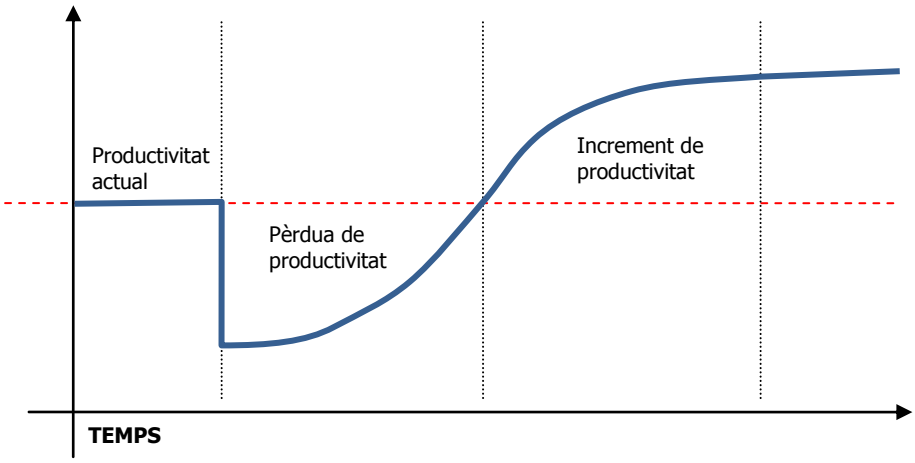


Fig. 7.4. Previsió típica de pèrdua de productivitat i posterior remuntada a causa de la implementació d'una nova tecnologia.

Cal remarcar també que els casos que s'han estudiat no corresponen a la tipologia de projectes que hom pot identificar com a apropiats per a desenvolupar amb una aplicació BIM. No es tracta d'arquitectures residencials o amb un gran índex de repetitivitat, sinó edificis singulars amb geometries i components personalitzats. Això esvaeix el mite que les aplicacions BIM només són per a oficines, habitatges i hotels. Una altra cosa és que, com sempre ha passat, el fet d'emprar components del disseny del qual s'aprofita d'un projecte a un altre, surt més rendible que reinventar-los a cada encàrrec.

Finalment, cal recordar que la fita més important en un procés d'implementació d'una nova tecnologia és, aconseguir que els implicats quedin satisfets amb el resultats obtinguts del BIM. D'un model BIM se'n poden treure múltiples productes, alguns lliurables i altres no. Com ja s'ha comentat, el producte estrella per als arquitectes ha estat tradicionalment l'obtenció dels plànols. Probablement, hauran de fer l'esforç d'adaptar-se a les possibilitats de visualització de l'aplicació en aquest àmbit, però aquest *sacrifici* serà menys traumàtic si paral·lelament el BIM Manager s'esmerça en explorar amb ells noves vies de comunicació i nous productes a obtenir.

· Casos de Formació

La formació és potser l'aspecte més important d'una implementació. Si aquesta es fa bé, els resultats s'aprecien de seguida i els models que més tard es generaran compliran amb les expectatives. Com tot a la vida, el coneixement és clau per a sortir victoriós de qualsevol circumstància.

Amb les eines informàtiques, hi ha el risc que els cursos s'ocupin excessivament o, fins i tot, exclusivament d'aspectes instrumentals sense aprofundir en els criteris conceptuals que hi ha al darrere. Sense pretendre donar ara lliçons de pedagogia, opino que el que s'ha de fer és el contrari, ja que el funcionament efectiu de les aplicacions s'acabarà interioritzant, sens dubte,

amb la pràctica. Sense una formació en criteris estratègics i de bona praxis és molt difícil arribar a obtenir bons productes, ja que la planificació del modelat (veure tema 2.3 i apartat 3.3.4) no es farà correctament. Dic això perquè massa sovint s'imparteixen cursos que ometen els aspectes més profunds de l'ús de l'eina i es centren en aquells procediments més directes, amb la intenció d'aconseguir la satisfacció de l'alumnat. Però aquest grat serà efímer, ja que en els casos reals, es trobaran amb situacions que només podran resoldre amb la formació conceptual adequada. S'ha d'aconseguir que entenguin el que estan fent i la ideologia que hi ha al darrere.

Això no vol dir que les classes estiguin sobrecarregades de continguts teòrics, ans al contrari. Les sessions teòriques han d'anar acompanyades amb la posada en pràctica de l'aprés en exercicis pràctics. En aquest aspecte, he pogut comprovar que el fet d'emprar com a material de treball projectes propis és una bona idea de cara a motivar a l'alumne i multiplicar el ventall d'incidències de modelat que poden aparèixer, ja que es sumen les experiències de tot l'alumnat. En aquest mateix sentit, és bo que tant els treballs com les vivències personals de cadascú siguin exposades públicament en benefici de l'aprenentatge de tots (incloent el formador). Per altra banda, el fet de desenvolupar un projecte propi permet seguir l'evolució d'un BIM al llarg de les seves fases de disseny, tot adequant la formació a les eines necessàries en cada moment. La filosofia és que el model evolucioni paral·lelament al disseny.

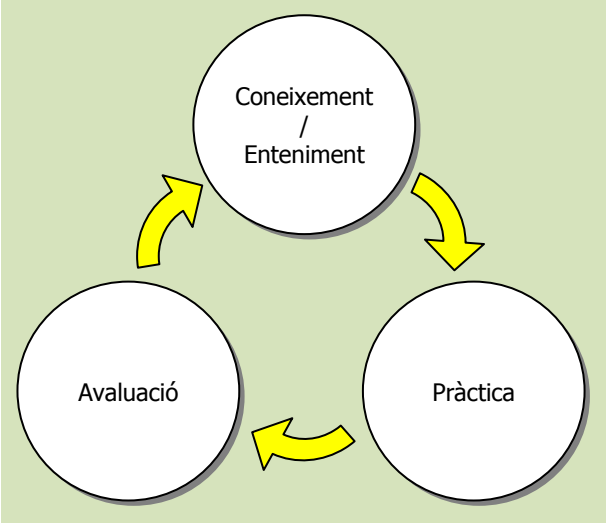


Fig. 7.5. El cicle de l'aprenentatge comença amb l'adquisició de coneixements que mitjançant la seva posada en pràctica i posterior avaluació dels resultats obtinguts esdevé en l'enteniment de la matèria que s'ha impartit.

En tot aquest procés l'actitud dels alumnes és també de suma importància. Bàsicament n'hi ha de dos tipus, la del "***ensenya'm***" i la del "***vull aprendre***". En el primer cas, l'alumne té una actitud passiva i només assimilarà (amb sort) el que se li ofereixi directament. L'altre tipus, en canvi, buscarà nous coneixements a partir dels obtinguts i no deixarà d'aprendre quan acabi la formació. S'ha d'intentar, doncs, que la majoria d'usuaris *vulguin aprendre*. Paradoxalment, pel que sembla, sovint els delineants acostumen a ser d'aquest últim grup, mentre que els arquitectes solen partir de la primera posició. Això és així perquè mentre uns busquen millorar les seves condicions de treball, els altres consideren el tema instrumental com un tema residual. Cal saber, doncs, motivar a l'alumne atraient-lo cap allò que més l'interessa.

7.2 LA INSTITUCIONALITZACIÓ DEL BIM

Si es considera convenient la implementació de la Tecnologia BIM en tots els àmbits professionals relacionats amb el sector de la construcció i especialment en el camp del disseny arquitectònic, és lògic desitjar que les institucions que d'alguna manera donen suport i regulen aquesta activitat l'adoptin també, ja que o bé són part implicada o bé tenen molt a dir en el procés d'universalització del BIM.

7.2.1 BIM EN LA DOCÈNCIA REGLADA

Els nous professionals s'han de formar en les competències que els seran útils quan s'integrin en el mercat laboral. Si tot indica que d'aquí deu anys la Tecnologia BIM estarà totalment universalitzada, sembla evident que cal començar a formar ara els alumnes que sortiran al mercat justament passat aquest període. Aquesta idea no és només aplicable als estudis universitaris d'Arquitectura, sinó també als d'enginyeria, ja que el BIM és un sistema integral de gestió de la informació de tots els interventors en el procés constructiu. El món professional necessita gent amb un alt nivell d'usuari però també amb una filosofia de treball acord als principis de la Pràctica Integrada.

Les aplicacions i eines BIM són multidisciplinars i s'ocupen de temes molt diversos, cosa que fa pensar que la capacitació en el modelat de la informació hauria d'estendre's a múltiples assignatures; des de les d'Expressió Gràfica a les de Projectes, passant per les de Construcció, Condicionament i Serveis i Urbanisme. De fet, podem trobar que la Pràctica Integrada i el BIM té alguna aplicació en qualsevol àrea de coneixement, fins i tot en Composició i Història. Només cal integrar aquesta mena d'eines i la filosofia de treball que comporta en els currículums de les assignatures. D'aquesta manera, es podria començar a fer realitat el vell somni de coordinar les assignatures per a permetre que els alumnes desenvolupessin els seus projectes de manera integral. Si la formació instrumental en aplicacions i eines BIM fos elevada, aquesta es podria fer efectiva des del modelat dels projectes, tot incorporant-hi l'aprés a cada assignatura.

Un dels principals esculls a superar és el d'aconseguir temps per a incorporar els coneixements necessaris per al modelat de la informació de cada assignatura. I més ara, que el temps disponible per a capacitar als alumnes per exercir la professió d'arquitecte es va reduint a cada nou pla d'estudis. Però la manca de temps es pot suplir optimitzant els continguts de cada assignatura. De fet, molts dels conceptes que s'imparteixen a les aules estan absolutament superats per les necessitats reals de la societat i de l'economia mundials. D'altres són redundants i podrien unificar-se si es treballés amb material curricular multidisiplinar.

Per altra banda, la mateixa professió cada cop s'està diversificant més, la qual cosa fa difícil dilucidar quines són les capacitats de caire tècnic que ha de tenir un "*arquitecte*" actual, i molt menys les que haurà de menester un alumne que es matriculi avui i que s'incorpori al mercat de treball d'aquí uns anys. Es pot opinar que aquest és un bon argument per a mantenir una formació acadèmica independent de la seva aplicació exterior, però el cert és que aquest plantejament, poc interessat en un factor tan volàtil com la tecnologia instrumental, aboca els estudiants a la inoperància en el món real.

La solució és, al meu parer, donar la volta al problema i dur a terme una formació el més tecnificada possible emprant eines concretes. D'aquesta manera, s'aconseguirà veure quins són els conceptes tradicionals de la formació que encara són vigents i quins cal oferir de nou per a entendre i usar qualsevol de les tecnologies emprades. Llavors, potser ens sorprendrà comprovar que algunes eines precisen d'una formació conceptual molt més elevada del que podríem pensar i que, en canvi, d'altres demostren l'obsolescència absoluta d'algunes de les capacitats més venerades. Tot és qüestió de provar-ho i de fer un estudi seriós de l'estat de l'art dels instruments tecnològics disponibles per a desenvolupar cada assignatura.

Òbviament, el ventall possible és infinit, però en realitat no es tracta d'encertar en la formació perfecta (ja que resulta impossible atesa l'amplitud i indefinició de les sortides professionals actuals) sinó educar docents i alumnes en la capacitat d'usar d'aquells recursos que millor resolguin els problemes que es tinguin a cada moment i d'aprendre el que calgui, sigui matemàtiques o poesia.

Això no és nou, és el que s'ha fet sempre: definir els continguts d'una assignatura en funció dels objectius a assolir. El que passa és que, en la meva opció, aquests objectius s'han d'ampliar i s'han de basar en un context més pragmàtic i dinàmic. En una formació universitària de caire tècnic, el coneixement no hauria de ser un objectiu en si mateix, sinó que n'hauria de ser la conseqüència. En un món tant tecnificat com el nostre, els objectius poden romandre més o menys constants, però els coneixements necessaris per a assolir-los no, perquè depenen d'una tecnologia que ha evolucionat molt a partir de l'aparició de les Tecnologies de la Informació i la Comunicació.

Pot semblar difícil de posar en pràctica aquestes idees, però només es tracta de ser més proactius vers el que passa fora de la universitat i anar caminant cap a una docència molt més dinàmica.

Per altra banda, es pot témer que una formació recolzada en l'ús d'eines informàtiques es converteixi en una formació sobre l'ús de les mateixes. De fet, de cara a l'alumne acostuma a ser així a pesar dels esforços dels docents. Però això no vol dir que el transfons conceptual que hi ha al darrere de cada eina no quedi impregnat en l'aprenentatge. L'experiència demostra que, en qualsevol àmbit, quantes més eines s'ha fet anar, més facilitat es té per a fer-ne servir de noves. Això és així perquè bona part de les competències adquirides són, per dir-ho d'alguna manera, multi-plataforma. Aquest axioma també funciona a la inversa, ja que també es té més coneixement del transfons dels problemes i del que cal saber per a resoldre'ls.

En cas contrari, si es té un coneixement instrumental molt limitat, es té la percepció que el camí per arribar a un objectiu és únic; afirmació totalment falsa i altament contraproduent que limita tant els resultats obtinguts com el coneixement real de la magnitud del problema. Qualsevol eina és una interface entre la ment del que les manega i l'objecte amb que es treballa. Per tant, no només permet interactuar-hi, sinó conèixer-lo. No es pot obviar aquest fet.

Per altra banda, la falta de costum en l'ús de diverses eines acaba incapacitant els professionals en la tasca de trobar i aprendre l'eina que més els convingui a fi d'efectuar una determinada missió de forma més eficaç. Crec honestament que qualsevol consultor de CAD avalaria aquesta

opinió. Són majoria els arquitectes que es resignen a repetir una i altra cop processos improductius per ser o creure's incapaços de buscar una eina millor i aprendre a utilitzar-la.

El problema és que l'entorn acadèmic no sembla gaire disposat a fer aquest canvi curricular. Especialment des del punt de vista ideològic, ja que la majoria de docents, també arquitectes, tenen els mateixos prejudicis vers la Tecnologia BIM que els professionals dels sector i, per altra banda, solen primar l'ensenyament acadèmic sobre el pragmàtic. Espero que aquest treball contribueixi a canviar la percepció que és té des del món acadèmic sobre la conveniència d'integrar aquesta mena de continguts en el currículum docent estàndard.

Per altra banda, desenvolupar nou material i coordinar-se amb altres assignatures representa fer un gran esforç que pocs docents estan disposats a fer, bé perquè els paguen molt poc, bé perquè els paguen independentment de la feina que facin. És evident que donar el mateix any rere any és molt més senzill i si no tenen una motivació extra per a no fer-ho, és difícil que canviïn d'actitut de forma generalitzada. El que sí que es molt més viable és que petits grups de docents comencin a implementar petits canvis enfocats en aquesta direcció. De la mateixa manera que passarà en el món professional, aquests petits canvis acabaran per fer posar en evidència la obsolescència de la resta.

· Les eines i la captura del coneixement

Des de sempre l'home ha creat eines per a ampliar les prestacions del seu organisme a fi d'aconseguir que la seva voluntat fos satisfeta. Totes elles han incrementat les capacitats físiques i, de retruc, les intel·lectuals de la humanitat. Però també han tingut una altra funció: la d'encapsular el coneixement adquirit pels individus al llarg de la seva vida. Cal instruir des de zero a cada nou individu des que neix i el coneixement que acumuli no durarà gaire temps. Per fortuna, molts d'ells han estat capaços de crear eines aprofitables per altres generacions gràcies, per cert, a les eines que altres els hi van deixar. Parlem de la roda i el cotxe, la foneria i el bisturí, el trabuc i el coet, etcètera, etcètera, etcètera. Les eines, doncs, són un instrument de perpetuació del coneixement i, com a tal, evolucionen amb ell. Així, algunes queden obsoletes i el coneixement que alberguen desapareix.

Així, el que empra una eina només s'ha d'instruir en seu ús i en els seus principis de funcionament, però no en els coneixements que l'han fet possible, ja que fóra impossible acumular en un sol individu tot el saber acumulat en mil·lennis. Tampoc seria possible disposar del temps necessari per a l'execució de tots els processos necessaris (recol·lecció de la matèria prima, transformació d'aquesta i construcció de l'eina). Això és així perquè cada eina ha estat desenvolupada a partir de les anteriors en una cadena infinitament intricada que es remunta més enllà de l'aparició de la nostra pròpia espècie. Per aquesta raó, és impossible obtenir qualsevol de les eines actuals sense emprar-ne altres.

Amb les Tecnologies de la Informació passa exactament el mateix, però la seva capacitat d'encapsular coneixement és encara més gran, ja que, com el seu nom indica, tracten amb la informació en sí. El que fan és traslladar problemes a un entorn conceptual on es defineixen totes les regles a les que està sotmès. Això permet construir models que no estan supeditats a les lleis físiques i que per tant, son molt més mal·leables. El mitjà per a aconseguir-ho ha estat la tecnologia computacional, la qual, al seu torn, ha aconseguit alliberar també les pròpies eines

informàtiques del seu suport físic. Així, un programa pot emmagatzemar-se en multitud de recipients, emprar-se en diverses plataformes i viatjar a la velocitat de la llum d'un lloc a un altre. Això multiplica les possibilitats d'aprofitar el coneixement global, ja que cada porció de software parteix, aprofita i es complementa amb d'altres programacions, experimentant un desenvolupament molt ràpid.

Actualment, qualsevol tasca professional de caire intel·lectual passa per l'ús de software d'alguna mena i això implica que s'aprofita el coneixement de multitud de professionals que han contribuït al seu desenvolupament i distribució. Per tant, l'ús d'una eina informàtica és un acte d'aprofitament de l'esforç intel·lectual de moltes persones que dóna a l'usuari la possibilitat de preocupar-se per aspectes que encara no han estat resolts de manera matemàtica, dotant-lo d'eines que el permeten assolir fites impossibles de conquistar d'altra manera.

En conclusió, per tal de poder dur a terme tasques cada cop més complexes, cal aprofitar el coneixement encapsulat en les eines que tenim a l'abast, tant si són analògiques com digitals, perquè és l'única manera que tenim d'avançar. No crec que sigui raonable que el món de la docència no consideri aquesta circumstància, encara que això impliqui que gran part del coneixement encapsulat en elles s'hagi de donar per entès.

· Expressió Gràfica?

Les assignatures d'Expressió Gràfica Arquitectònica, Dibuix i Geometria Descriptiva, dels estudis d'Arquitectura Superior pretenen dotar l'alumne dels instruments necessaris per a controlar la forma i l'espai de les seves creacions. Per a tal missió, els seus continguts conceptuals i instrumentals s'han mantingut força inalterables a pesar que l'objecte del seu treball anava guanyant complexitat amb el pas del temps. A pesar de la inclusió de les eines informàtiques de CAD literal en el currículum docent, actualment aquestes assignatures no aconsegueixen assolir molts dels objectius als que sí que s'hi arribava a principis de segle, ja que no ofereixen els recursos necessaris per a controlar els projectes actuals, no només per la seva complexitat, sinó per la forma amb que es construeixen i s'exploten. La prova de tot això és que l'objecte dels exercicis pràctics de les respectives assignatures només s'ocupen d'aspectes molt parcials dels edificis (alçats, volums exteriors, plantes, seccions) o d'objectes que poc tenen a veure amb l'arquitectura (cadires, làmpades, croissants, etc). Els alumnes han de cursar tota la carrera amb uns coneixements instrumentals que no els permeten ni tan sols desenvolupar amb garanties els seus projectes d'estudiant, molt més simples que els reals. Moltes de les circumstàncies exposades en l'apartat 2.1.1 en que es parla de les problemàtiques comunes ja es detecten en el període de formació universitària, especialment els relacionats amb el control del projecte.

De fet, els estudiants d'arquitectura s'incorporen al món professionals abans d'acabar la carrera sense rebre gaire formació més en aquest aspecte i per això, aquestes deficiències es traslladen directament al món professional, ja que les eines emprades pels arquitectes són les mateixes, amb l'agreujant de que moltes d'elles ni tan sols han entrat mai en joc per ser molt poc operatives (especialment aquelles basades en l'ús d'instruments analògics).

Per tant, soc de l'opinió que cal reconsiderar el contingut d'aquestes matèries, especialment tenint en compte que la majoria dels productes que permeten obtenir són automatitzables a

través de la visualització del models d'informació (projeccions gràfiques de tota mena) i que les estratègies de modelat tridimensional són diferents (encara que mantenen algunes similituds amb el modelat literal). L'expressió gràfica ja no és ni de bon tros, l'únic recurs d'ideació disponible, de fet, cada cop està més superat per les estratègies paramètriques i de gestió de la informació en general.

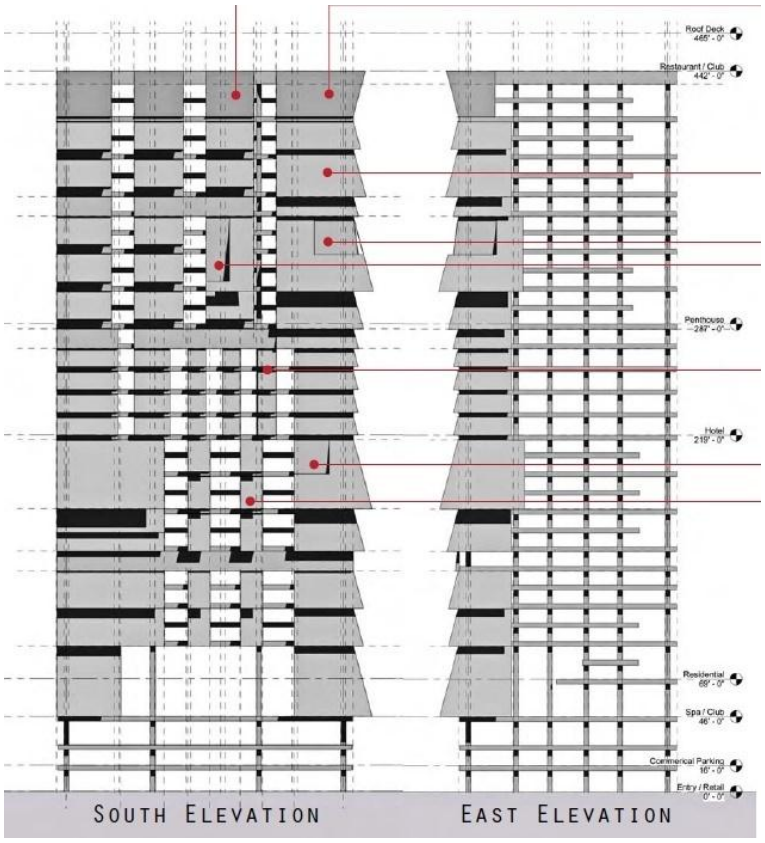


Fig. 7.6. Façana creada a través de panells paramètrics. En ells no només està incrustat el coneixement de qui els ha programat, sinó que la pròpia eina conté el coneixement acumulat per moltes generacions. Gràcies a això l'usuari de l'aplicació pot controlar la imatge externa d'aquest alçat alhora que el seu efecte en la distribució interior, d'iluminació dels espais, el rendiment energètic, etc.

Naturalment, cal tenir en compte els aspectes operatius, ja que en el temps disponible és impossible dotar a l'alumne de totes les competències possibles. Però se'n pot fer una selecció raonable que almenys ampliï la visió de l'alumnat. Les eines literals encara tenen el seu lloc, però cal incorporar els coneixements necessaris per a emprar eines paramètriques i BIM. Per al que em costa trobar aplicació és per a les tècniques analògiques, ja que actualment estan àmpliament emulades i superades per les digitals. No obstant, alguns dels seus conceptes encara són vigents, com ara el saber establir uns criteris per a una representació gràfica expressiva i adequada al seu objectiu. Criteris que, per cert, cal ampliar per a adaptar-se a les possibilitats i necessitats de les eines no literals.

La intenció subjacent és la de dotar els alumnes dels coneixements necessaris per a emprar eines que els permetin controlar la forma i expressar-la amb estratègies molt més eficaces; totes elles derivades del modelat paramètric, que és la tecnologia que, ara per ara, permet controlar millor grans estructures gràcies als mecanismes jerarquitzats que ofereix.

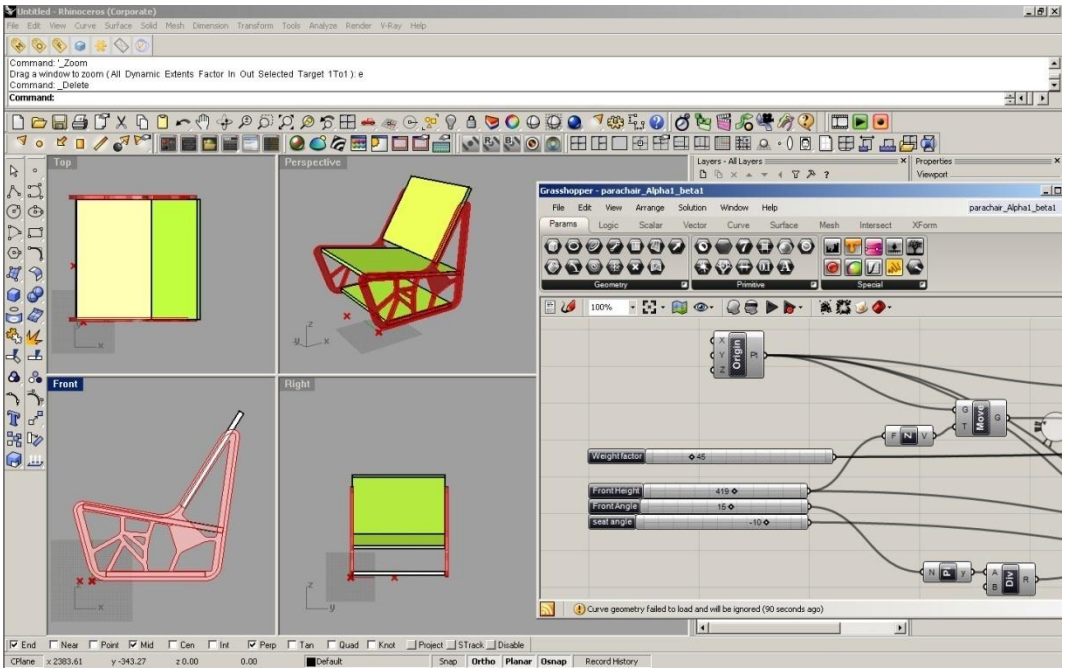


Fig. 7.7. Cadira modelada amb Grashopper. Els mecanismes i les estratègies a seguir són molt diferents a les del modelat literal amb Rhinoceros, tot i que guarda algunes similituds (posicionament tridimensional, obtenció de volums per extrusió, etc).

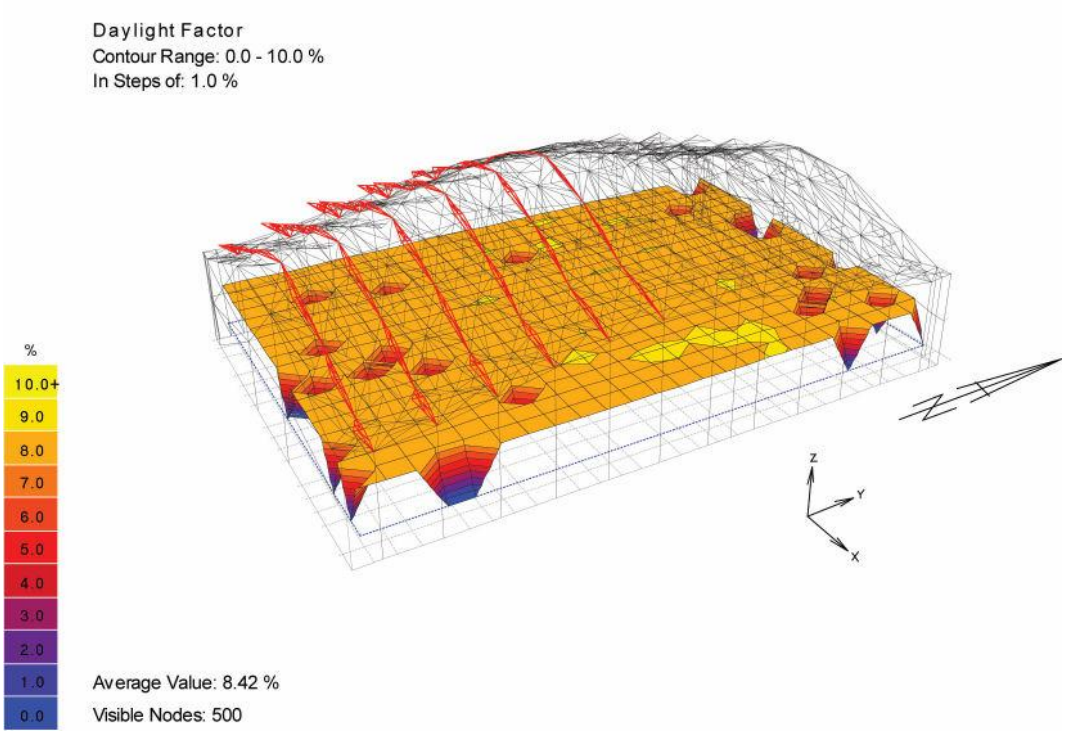


Fig. 7.8. Estructura modelada també amb Grashopper i sotmesa a l'anàlisi de captació solar amb Ecotect. Un cop optimitzada, podria ser incorporada a un model BIM com a un component més.

7.2.2 BIM EN ELS COL·LEGIS PROFESSIONALS

Els col·legis professionals de l'arquitectura tenen molt a dir pel que fa a la implantació de noves tecnologies ja que podrien ser capaços d'oferir serveis de formació i consultoria en Tecnologia BIM. Per altra banda, també podrien oferir recursos com llibreries BIM tot fent d'intermediari entre els industrials i els arquitectes. Actualment hi ha nombroses entitats que donen suport a l'avanç cap a la universalització de la Tecnologia BIM; algunes a Espanya i la majoria, fora. Només cal buscar una mica a Internet per a fer-se càrrec del moviment que hi ha al respecte.

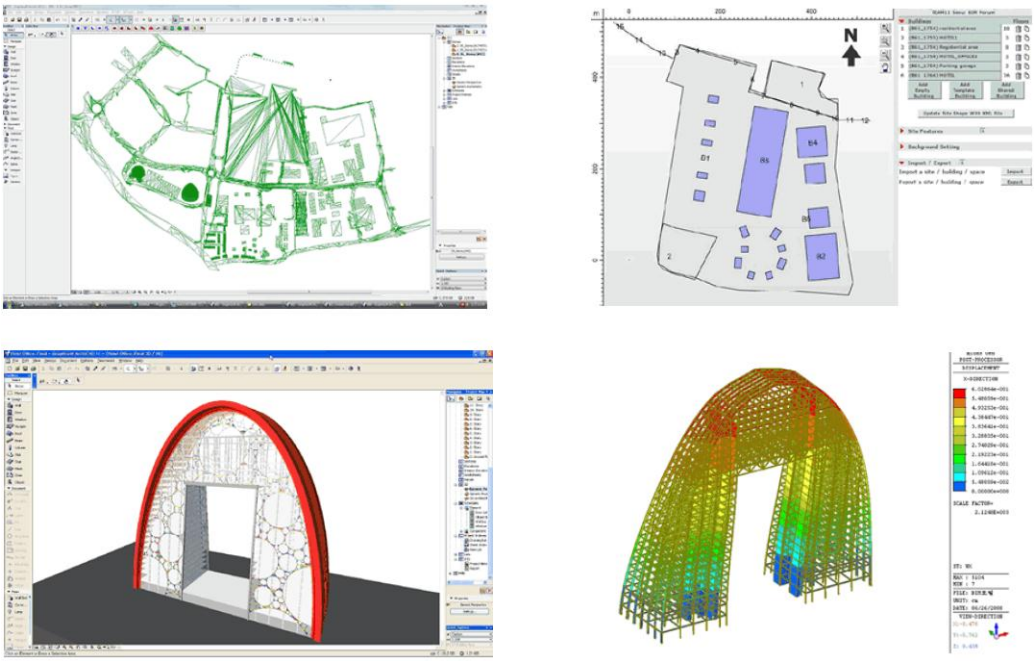


Fig. 7.9. Imatges de l'esdeveniment Build London Live del 2008. http://www.buildlondonlive.com.

Però encara és més important la tasca de divulgació que es pot dur a terme des d'aquesta mena d'organismes. Sempre ho han fet quan han considerat que els temes eren d'interès general. Haurien de fer el mateix amb el tema de les tecnologies de la informació, sistemàticament oblidades en els canals de comunicació habituals. Si en les publicacions que periòdicament s'envien als col·legiats hi haguessin articles sobre CAD Management, Pràctica integrada o Tecnologia BIM, la percepció dels professionals sobre la importància d'aquests temes canviaria i s'animarien a invertir més en tecnologia instrumental.

7.2.3 BIM EN L'ADMINISTRACIÓ

Com ja s'ha explicat, l'administració pot sortir beneficiada de la implementació de la tecnologia BIM en l'entorn professional. En primer lloc, com a ens regulador pot demanar que li sigui entregat un model d'informació de l'edifici per a poder avaluar-ne l'acompliment de les normatives vigents emprant eines de testeig. Aquesta estratègia, a banda de permetre estalviar recursos a totes les parts, permet a l'administració verificar de manera fiable el control de la normativa vigent, missió impossible actualment; tant pel volum de documentació inconnexa que es presenta com per l'absència de mecanismes eficaços de valoració del projecte que representen.

En segon lloc, l'administració pública és un client important per al sector de la construcció que sol tenir necessitats de gestió elevades sobre els immoble que promou. El fet d'obtenir un model BIM al final del cicle de l'edifici permet disposar d'un recurs molt valuós per a la seva administració. De fet, diverses administracions catalanes ja empren sistemes GIS per a gestionar els seus edificis i el que contenen. D'altres, com GISA, demanen que la documentació dels projectes els sigui entregada amb formats molt precisos, exigència que complica molt la feina dels projectistes i que podria ser satisfeta molt més fàcilment si s'empressin models BIM i plantilles de vistes configurades correctament.

Ambdues perspectives de l'aplicació de la Tecnologia BIM en l'Administració ja es posen a la pràctica en alguns països europeus, asiàtics i americans. Fins i tot a nivell de concurs, ja que els jutges prefereixen valorar un model tridimensional multivista que un grapat de projeccions poc intel·ligibles. Però cal tenir en compte que tot això cal que vagi acompanyat d'una actitud activa vers aquestes iniciatives, que es reflecteixi en les inversions necessàries i el recolzament econòmic i logístic dels professionals que s'apuntin a aquesta tendència.

7.3 EL FUTUR DEL BIM

El futur del desenvolupament de la Tecnologia BIM i dels productes que s'hi adscriuran dependrà dels interessos dels actors que la vulguin aplicar als seus àmbits d'acció. Així com fa uns anys el principal focus d'interès era l'elaboració de models coordinats per a l'obtenció dels documents constructius (especialment arquitectònics), actualment la Tecnologia BIM està evolucionant per a donar resposta a altres sectors, que van des del disseny conceptual fins a la gestió dels immobles.

El ventall és tan ampli que, quan es parla de previsions de futur, cal apuntar en diferents direccions per tal d'intentar donar una visió prou àmplia de la qüestió. De tota manera, com qualsevol tecnologia de la informació, la direcció que prengui el BIM té un alt grau d'incertesa ja que l'aparició de qualsevol nova idea pot fer que una de les seves branques es desviï cap a horitzons no previstos. Per altra banda, l'intrusisme entre tecnologies és molt gran. Podem veure com, per exemple, eines de disseny conceptual com Sketch-up, estan incorporant tecnologia paramètrica i capacitats atributives als seus objectes, cosa que pot fer que, en pocs anys, el tarannà de les aplicacions BIM per al disseny arquitectònic canviï radicalment.

Per aquesta raó, una de les millors maneres de parlar del futur és analitzar les tendències actuals i després extreure'n previsions respecte del seu context. En molts casos, el futur es veurà com una versió amplificada de la situació actual, però en d'altres, parlarà de com determinades circumstàncies poden fer que algunes d'elles s'inverteixin.

Cal tenir en compte que les tendències en torn del BIM estan canviant ràpidament. En els últims quatre anys, ha passat de ser una tecnologia amb un nivell d'aplicació baix a implementar-se en firmes de reconegut prestigi. Això ha donat peu a que els desenvolupadors de software es llencessin a millorar els seus productes i que comencessin a aparèixer multitud d'eines noves relacionades amb el BIM, que al seu torn han contribuït a ampliar el seu camp d'acció. Per aquesta raó, l'abast d'aquestes previsions és només d'entre cincs a deu anys, declarant-me incapaç d'anar més enllà per considerar-ho mera futurologia.

7.3.1 DIVULGACIÓ DE LA TECNOLOIGA BIM

A diferència de fa pocs anys i deixant de banda els consultors especialitzats, actualment hi ha un cert percentatge de professionals i estudiants d'arquitectura que han sentit a parlar del BIM, tot i que la idea que en tenen encara és molt limitada. Cal fer molta recerca i llegir molts articles per conèixer el tema i la falta de publicacions assequibles en castellà o català encara és un impediment per a molts dels futurs usuaris. En la resta d'àmbits de la construcció passa el mateix, cosa que no ajuda a crear la pressió socioeconòmica necessària per a empènyer el sector cap a la Tecnologia BIM. Si per exemple, el col·lectiu dels promotors conegués el que pot oferir-los, pressionarien als dissenyadors per a que empressin aquesta tecnologia.

És de preveure que en pocs anys treballs com aquest i el boca - orella facin que la divulgació de les característiques i beneficis del BIM sigui molt ràpida. A mesura que estudiants i professionals entrin en contacte amb algun col·lega que empri alguna d'aquestes eines, l'interès creixerà, ja que els casos d'èxit es succeiran i l'efecte dominó farà que el BIM esdevingui de

domini públic com ho és actualment el CAD. El mateix passarà en la resta de sectors. Esperem que la divulgació del BIM corri a càrrec dels arquitectes, ja que això els faria recuperar part del prestigi i del protagonisme perdut en els últims anys.

7.3.2 VOLUNTAT DE CANVI DELS USUARIS

Al contrari del que passava fa uns anys, els usuaris d'eines de CAD saben que hi ha alternatives a les primitives eines que empren i molt d'ells tenen voluntat de canviar. Es tracta d'una generació que ja va cursar els seus estudis amb eines de CAD i que porta uns anys veient com la tecnologia que empren evoluciona molt lentament i la quantitat de feina que han de fer es multiplica. Per altra banda, els rumors de revolució que se senten els predisposen a fer un esforç. No obstant, la mitjana d'edat dels directius de les firmes segueix essent elevada i sol estar formada per professionals que no han emprat mai un ordenador per a projectar. El seu escepticisme és alt i, al meu parer, són el principal escull a superar per a una implantació exitosa. Aconseguir el suport de la direcció d'una firma és vital per a que qualsevol implementació arribi a bon port.

Els arguments que els actuals consultors podran esgrimir i les proves fefaents de la maduresa de l'estat de la qüestió aconseguiran convèncer als reticents sobre les bondats de l'ús d'aquesta tecnologia, sempre i quan mantinguin certa independència vers els distribuïdors. Per altra banda, l'experiència acumulada donarà seguretat als implementadors i als directius que han d'assumir-ne els riscos. Això farà que el procés sigui molt ràpid a partir d'una certa massa crítica d'usuaris.

7.3.3 CASOS D'ÈXIT DOCUMENTATS A ESPANYA

Tot i que hi ha nombrosos casos d'èxit ben documentats arreu, cap d'ells correspon a experiències a España. Això fa que els potencials interessats en la implementació d'aquesta tecnologia no disposin d'informació detallada respecte a les estratègies i resultats obtinguts pels seus veïns. Per altra banda, les empreses que estan començant a implementar aquestes tecnologies són conscients que això les posiciona en una situació d'avantatge respecte a la competència, per la qual cosa és lògic que comparteixen el seu coneixement amb algunes reserves.

És de suposar que en un futur apareguin casos ben documentats sobre l'activitat de diferents firmes emprant tecnologia BIM. La qüestió serà d'on prové aquesta informació. És evident que si prové d'un distribuïdor, serà rebuda amb escepticisme, però si prové d'una font més imparcial resultarà més útil als interessats. Per això, és molt important que les institucions, especialment les docents, recolzin projectes d'investigació en torn a l'aplicació del BIM a processos de treball quotidians i que, fins i tot, donin serveis de consultoria als despatxos d'arquitectura. Això generaria uns recursos molt importants a l'hora de donar suport a firmes que volen aplicar noves tecnologies al seu treball.

7.3.4 NOMBRE D'USUARIS FORMATS

El nombre d'usuaris de BIM és actualment molt escàs, cosa que impedeix que el seu ús es generalitzi de forma natural. La seva formació sovint bé donada per la voluntat expressa de terceres persones de conduir-los en aquesta direcció. Això fa que les empreses que volen implementar Tecnologia BIM es trobin amb la doble dificultat de formar els seus treballadors i de trobar les persones adequades per a tal missió, ja que el nombre de consultors especialitzats en BIM encara és més reduït.

A mesura que el nombre d'usuaris formats augmenti, la pressió per a la implementació d'aquesta tecnologia en el mercat laboral vindrà dels propis usuaris, que no voldran treballar amb eines obsoletes. El mateix passarà en els centres docents, que es trobaran que han d'adequar els seus continguts i equipaments a la demanda dels alumnes quan la tecnologia que aquests emprin superi la que utilitzen els seus professors. Aquest fenòmen ja s'observa actualment amb els alumnes que calquen fotografies o vistes obtingudes de models digitals tridimensionals a les assignatures de dibuix o els que apareixen amb el portàtil sota el braç en les assignatures de projectes. Al principi eren una minoria, però la solvència d'aquestes solucions ha fet que la seva pràctica es generalitzés.

Amb sort, les institucions docents hauran acompanyat aquest canvi i oferiran una formació adequada al perfil d'aquests futurs professionals.

7.3.5 GENERALITZACIÓ DE LES COMUNITATS VIRTUALS

Les comunitats d'usuaris de tota mena estan vivint un moment dolç. No es estrany que una persona estigui donada d'alta en vàries d'elles perquè són un bon mitjà per a compartir i divulgar informació en qualsevol de les seves formes (que no es limiten només als fòrums, sinó als blogs i a les xarxes socials). Encara que l'accés i gestió del coneixement que contenen es força tediós, l'experiència en el seu ús i l'evolució de la seva tecnologia fa que cada cop siguin una font més eficaç i comunament usada.

És de preveure que aquesta tendència es mantingui i que apareguin tecnologies que millorin l'accés a la informació continguda en aquests recursos de forma centralitzada a partir de cerques, així com la interacció directa entre es seus usuaris. Això permetria un accés al coneixement global còmode cosa que faria possible que el potencial de les noves tecnologies fos aprofitat en major grau.

7.3.6 ALENTIMENT DE L'ACTIVITAT ECONÒMICA

L'actual quasi aturada de l'activitat constructiva permet que els professionals que ho desitgin puguin destinar temps a formar-se i a preparar la transformació dels seus sistemes de treball. Altra cosa és si disposen o no dels fons necessaris per a finançar-la. Val a dir, però, que la falta de recursos econòmics no és una excusa real, ja que de la majoria d'aplicacions BIM existents al mercat hi ha prou material de formació gratuït. Naturalment, l'assessorament expert sempre és una garantia d'èxit, però també és cert que la majoria dels actuals consultors han aprés de manera autodidacta i ha estat l'experiència i la perseverança el que els ha donat el valor que

ara tenen. L'ús d'una aplicació BIM no és una matèria d'una dificultat excessivament elevada per a un llicenciat.

Per altra banda, la pràctica de l'autoaprenentatge és vital avui en dia per a mantenir un bon nivell de coneixements en qualsevol matèria, ja que els recursos més frescos sempre es troben a la xarxa.

Sembla clar que en el futur, quan es surti de l'actual crisi, no es recuperarà l'anterior ritme frenètic de creixement. Això vol dir que els despatxos que hagin sobreviscut a la criva es trobaran en un entorn molt competitiu. En aquest moment serà quan els que hagin aprofitat l'oportunitat podran situar-se en una posició avantatjosa, tot oferint serveis inèdits i assegurant una millor qualitat dels seus productes. Per altra banda, l'eficiència dels processos en base a BIM permetrà a les empreses acceptar més encàrrecs sense necessitat d'una plantilla tan volàtil. Això farà que els empleats d'una firma guanyin valor afegit i es fidelitzin, cosa que beneficia a totes les parts.

7.3.7 INTERÉS PER LES EINES PARAMÈTRIQUES COM A GENERADORS FORMALS

Arreu del món, els arquitectes estan descobrint les eines paramètriques com a generadors formals. Més enllà de la seva utilitat per a controlar estructures complexes en general, la fusió de les matemàtiques i la geometria formal permet als dissenyadors estudiar noves vies d'expressió. Aquesta mena d'eines es reservava per a dissenyadors molt avantguardistes i especialitzats donada la dificultat del seu ús. Però últimament l'aparició d'una nova generació d'aplicacions de modelat i de complements per als modeladors tridimensionals més generalistes (com ara 3DsMax o Rhinoceros) ha posat a l'abast de tothom aquest univers. Per altra banda, cada cop són més usuals els recursos de programació per a crear petites aplicacions que generin formes a partir de formules senzilles per tal de compondre façanes, per exemple. Els algoritmes matemàtics i la tecnologia d'objectes permeten obtenir una varietat infinita de formes que es poden controlar i construir sense haver de crear-les manualment.

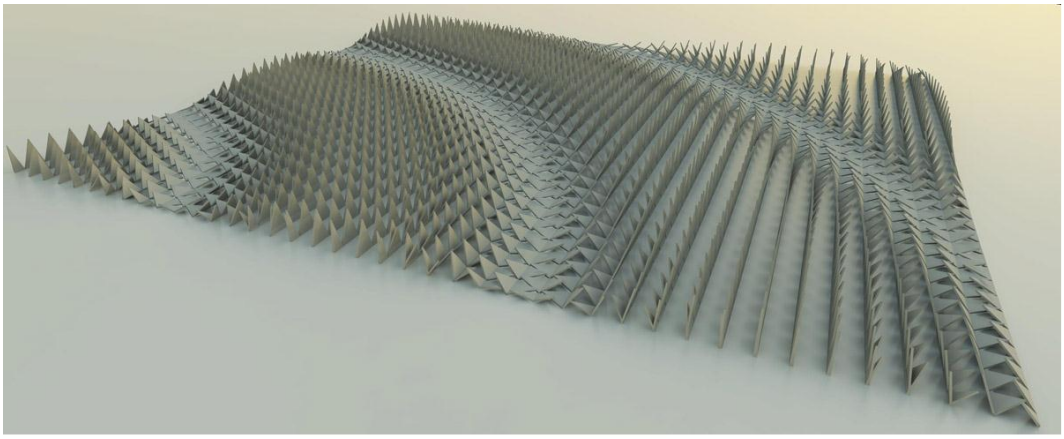


Fig. 7.10. Panell general amb Revit via programació API.

Aquesta nova manera d'enfocar el problema formal, tant pel que fa al seu modelat com pel que respecta al seu valor estètic, experimentarà la seva eclosió en els pròxims anys, contaminant totes les eines de disseny (incloent les basades en l'edició bidimensional). És seu ús serà fàcil i

lúdic ja que buscarà oferir eines interactives d'expressió formal que puguin desembocar en dissenys construïbles. Paral·lelament mantindran un nivell de sofisticació elevat per als usuaris amb un grau alt de programació i de coneixements matemàtics. Grasshopper és un bon exemple de cap a on pot evolucionar aquesta tendència.

7.3.8 BIM PER A LES ADMINISTRACIONS

Actualment les administracions espanyoles encara no semblen estar interessades en que s'empri BIM per a definir els projectes que es realitzen, però algunes sí que ho estan en millorar l'eficàcia dels seus processos administratius a través de la introducció de les TIC i dels sistemes de documentació digital. Una prova d'això és el Visat-Plus del COAC, que pretén accelerar els tràmits d'obtenció de llicències per a la construcció d'habitatges protegits, i el mateix sistema de visat electrònic, la documentació del qual va camí de poder-se emprar directament a totes les administracions catalanes.

Per aquesta raó, crec que aquesta tendència arribarà, tard o d'hora, a demandar l'ús de models BIM, doncs són l'evolució lògica del que ara s'entén com document electrònic. A banda d'un PDF correctament compost, la disponibilitat d'un model d'informació convenientment preparat és un recurs d'una vàlua que no poden deixar escapar. Altres administracions arreu del món hi estan apostant, com la Noruega, la qual està començant a demanar models BIM als seus contractats.

7.3.9 BIM PER ALS CONTRACTISTES

Últimament ens havíem acostumat a la proliferació de petits contractistes amb grau de professionalitat més que discutible. Es tractava d'antics paletes o promotors que reclutaven una colla d'operaris mal formats per a fer qualsevol cosa. El mercat era tan boiant que els absorbia sense problemes. Naturalment, el BIM no era per a ells, ja que amb prou feines feien servir el correu electrònic. Però les empreses contractistes més grans sí que s'han començat a interessar pel tema, ja que veuen en el BIM l'eina per a gestionar molts dels seus processos constructius; atenent a les fases, certificacions i recursos necessaris per a executar un projecte. Un cas vigent és el de les empreses constructores de plantes refinadores espanyoles, que estan modelant amb eines BIM especialitzades totes les seves instal·lacions per a poder coordinar la seva construcció. Als Estats Units, l'ús del BIM per als contractistes és molt més comú degut a la responsabilitat que solen tenir a l'hora de generar la documentació constructiva, essent cada cop més comú el modelat de tot un edifici només amb aquest objectiu.

Donada la selecció que estan patint les empreses contractistes a causa de la crisi, és molt probable que les que quedin, de major entitat, s'interessin cada cop més per aquestes tecnologies. Per altra banda, a mesura que la resta d'implicats vagi emprant BIM, els contractistes hauran d'acostumar-se a mètodes de treball més precisos, la qual cosa els empentarà al seu torn als modes de contractació més col·laboratius de la Pràctica Integrada. Els mètodes de licitació actuals incentiven als contractistes a practicar l'ocultisme en les seves activitats. Però, amb amidaments cada cop més precisos, el marge de maniobra es redueix i la possibilitat de jugar a la transparència augmenta de valor. D'aquesta manera, també podran

aprofitar prestacions pròpies del BIM com la comprovació dimensional precisa, l'obtenció de documentació en temps real o la prefabricació.

7.3.10 BIM PER ALS PROMOTORS

En general, els promotors pràcticament no saben res del BIM i, per altra banda, no es pot dir que actualment estiguin gaire actius. És una llàstima, perquè a fi de comptes aquest col·lectiu recull els beneficis de la implementació de la Tecnologia BIM en qualsevol dels gremis implicats en el procés constructiu.

Però aquesta situació pot canviar radicalment si els arquitectes, que solen ser amb els que primer contacten els promotors, s'ocupen de vendre l'ús del BIM com un valor afegit de la seva feina. En aquest sentit, les eines d'anàlisi esdevindran un reclam publicitari al prometre millors productes que, al seu torn, podran vendre's millor al públic. Per altra banda, la capacitat multivista dels model BIM pot ser emprada per a fer participar els promotors dels processos de disseny i construcció.

De la mateixa manera que l'ús del BIM per part dels arquitectes incentivarà la seva expansió cap a altres gremis, el mateix passarà des dels promotors. En pocs anys, exigiran als arquitectes que ofereixin serveis que només seran viables si empren aquesta tecnologia.

7.3.11 BIM PER ALS PROPIETARIS

La llei fa temps que contempla el dret dels usuaris dels immobles a gaudir de la informació necessària per a explotar convenientment les seves propietats. Actualment, aquesta premissa es compleix parcialment i, per altra banda, la documentació que s'ofereix a l'usuari no li resulta del tot útil, ja que rarament està adequada a les seves necessitats pel cost extra que representaria generar documentació específica per a ells.

Per altra banda, els usuaris desitgen poder comprovar les prestacions d'allò que volen comprar abans d'adquirir-ho. Amb els productes industrialitzats, en poden llegir les especificacions i, fins i tot, provar-los abans. Amb els edificis, es pot emular aquest servei en entorns virtuals. Primer van ser les icnografies fotorrealístiques i actualment comencen a ser coneguts els serveis de simulació virtual com els que ofereix l'empresa catalana Insideo. En un nivell més sofisticat, hi ha les iniciatives per a certificar el rendiment energètic dels edificis (com el Leed) que aviat esdevindrà un criteri de compra important degut al cost de l'energia, tal com ja passa amb els electrodomèstics o els vehicles.

Aquests serveis de simulació seran molt més econòmics d'oferir si gran part de la informació necessària es comparteix i ha estat generada prèviament per l'equip de disseny. Per altra banda, la possibilitat de poder participar en els processos de disseny que ofereix la Pràctica integrada a través de la Tecnologia BIM, obrirà el camp dels productes immobiliaris veritablement personalitzats.

7.3.12 INCRUSTRACIÓ DE LA INFORMACIÓ

Actualment la majoria dels BIM que es modelen contenen majoritàriament informació sobre la disciplina arquitectònica, ja que ha estat la principal porta d'entrada d'aquesta tecnologia. Però la necessitat d'incloure dades multidisciplinars ja és un fet arrel de l'aparició de tota mena d'eines d'anàlisi que esperen trobar-la. A España s'estan fent esforços per a estandarditzar la nomenclatura dels materials i partides d'edificació en format FIEBCD per tal de, a partir d'aquí vincular aquestes dades a Models d'informació especialitzats. Això encara no s'ha aconseguit, per això hi ha empreses, com Cype Ingenieros que ofereixen paquets d'eines multidisciplinars que comparteixen la mateixa base de dades. D'aquesta forma, es poden obtenir pressupostos, comportaments tèrmics i acústics, plecs de condicions i manuals de manteniment vinculant objectes BIM a entrades de la seva base de dades. Productes similars, però d'un abast més limitat, ofereix l'Itec. Internacionalment hi ha altres iniciatives, com la que lideren la NBIMS americana i la buildingSMART noruega. De moment però, està clar que el fet d'emprar una base de dades externa implica casar-se amb el conjunt d'eines que la poden gestionar.

Fins ara ha resultat impossible estandarditzar la informació vinculable als elements constructius per a que pugui ser emprada per qualsevol aplicació i entorn. Les dificultats per a fer-ho s'expliquen en l'apartat 2.2.5 d'aquest treball. De totes maneres, el potencial d'aquesta universalització és enorme i no és impossible d'arribar-hi. La voluntat de globalització i liberalització de l'economia potser ho acabarà fent possible, ja que permetria que un projecte iniciat aquí s'acabés a l'estranger amb aplicacions totalment diferents.

En aquest sentit, també és previsible l'aparició d'assistents que permetin vincular de manera fàcil entrades de bases de dades amb objectes de diferents models d'informació, de tal manera que les seves estructures puguin ser diferents tot i compartir part de les dades. Això simplificaria molt el problema de la interoperabilitat, ja que independitzaria el problema del modelat amb el de la informació. Per altra banda, els fabricants de components podrien escriure les característiques dels seus productes en un format estàndard que pogués ser incorporat a qualsevol model BIM i llegit per a qualsevol aplicació o eina que n'hagués de fer ús. És el que actualment s'anomena ***Intelligent Product Specs***.

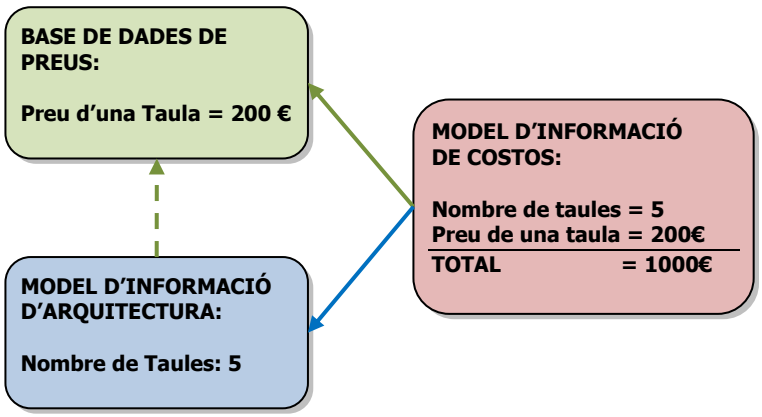


Fig. 7.11. La interconnexió lliure entre diversos models d'informació és potser la manera més còmoda de resoldre la vinculació de dades. Els objectes podrien arrossegar vincles que podrien ser recuperats automàticament.

Vinculada a aquest problema està tota la tecnologia de la gestió de les bases de dades basades en objectes (o llibreries). Les eines que comença a haver en el mercat segur que evolucionaran per a permetre l'edició massiva de la informació continguda en els BEM o del seus vincles amb fonts externes, ja que tot el sistema depèn de que la informació incrustada no només sigui accessible sinó que sigui fàcilment actualitzable.

7.3.13 PENETRACIÓ EN LA DOCENCIA REGLADA

Com ja s'ha dit, l'actual grau de penetració de la tecnologia BIM en la docència universitària és nul al nostre país i per aquesta raó els docents amb inquietuds sobre el tema s'esbraven en estudis de postgrau especialitzats. La resta no coneixen el tema i per tant, o bé no hi estan interessats, o bé hi tenen actituds contràries per considerar que es tracta d'unes eines excessivament professionals i sense valor pedagògic.

Encara que sembla llunyà el dia en que el BIM formarà part del currículum normalitzat dels ensenyaments relacionats amb l'edificació, és molt possible que el propi alumnat empenyi els acadèmics a incloure el BIM dintre de les seves matèries, especialment tenint en compte com està evolucionant tot el món del modelat en general. Qualsevol assignatura instrumental no pot mantenir-se si arriba a donar el cas que els propis estudiants arriben emprant eines amb les que obtenen els mateixos resultats de manera molt més eficaç.

7.3.14 LIBERALITZACIÓ DEL SECTOR

El sector de la construcció cada cop s'està liberalitzant més, i això ha comportat un augment de la competència. Per altra banda, els arquitectes van veient com les seves atribucions exclusives es van retallant a cada reforma legislativa, la qual cosa és lògica des del punt de vista de la resta d'implicats en el fet constructiu. De facto, ja hi ha nombroses empreses d'enginyeria que mantenen els arquitectes per una qüestió merament legal, ja que els necessiten per a responsabilitzar-se dels projectes. Les ciutats estan plenes d'hotels, edificis d'oficines i habitatges dissenyats des d'aquesta perspectiva.

Però això molt probablement està a punt de canviar, com apunten l'aparició dels estudis d'enginyeria de l'edificació o la llei òmnibus. Realment, si l'únic que importa es complir les normatives i assumir responsabilitats, no hi ha gaires raons de pes per a restringir la competència del disseny d'edificis als arquitectes. Per tant, el que farà que un promotor esculli un perfil professional o un altre serà el valor afegit de cadascun i, des d'aquest punt de vista, els criteris d'eficiència i economia juguen un paper clau. Per desgràcia, els de la sensibilitat estètica, no. Per aquesta raó, els arquitectes hauran d'aprendre a jugar amb les mateixes armes que es seus competidors si volen que la qualitat dels seus dissenys prevalgui. Actualment, la gran majoria dels enginyers (en els quals ja s'hi poden incloure els actuals arquitectes tècnics) encara no estan realment preparats per a dissenyar un edifici, però això pot canviar en quan se'ls atorguin les competències per a fer-ho.

7.3.15 DESENVOUPAMENT DE LES APLICACIONS BIM

Les aplicacions BIM han arribat a un estat de maduresa suficient per a ser convenients per a tota mena de projectes. Tot i que cobreixen només una part del que s'espera de la Tecnologia BIM, el que actualment ja ofereixen justifica la seva implementació tenint en compte la ineptitud de les eines de CAD tradicionals. Per altra banda, el seu desenvolupament i el de les eines associades va a un bon ritme, apareixent cada poc temps una nova versió dels programes, lluint canvis substancials. Totes elles van avançant en usabilitat, prestacions i rendiment computacional.

Aquesta tendència es mantindrà en els pròxims anys. Opino que bàsicament s'avançarà en cinc grans direccions:

- ***Millora de la interoperabilitat vers les eines d'anàlisi i simulació***. Aquesta mena d'eines són la clau per a una veritable pràctica integrada i l'aprofitament eficaç de la informació modelada als BIM és indispensable per a que aquestes disciplines s'hi integrin.

- ***Modelat de formes cada cop més lliures mantenint un alt grau de facilitat d'ús***. Augmentant la seva versatilitat a través de les eines adequades (panelització, especejament, etc.).

- ***Millora de les eines de gestió automatitzada de la informació de l'edifici.*** Manquen, per exemple, mecanismes senzills que permetin actualitzar els paràmetres de diversos objectes alhora de manera automatitzada. Actualment ja n'hi ha alguns exemples, però és un camp que cal desenvolupar.

- ***Increment del rendiment computacional***. Les aplicacions BIM cada cop hauran de gestionar més informació i per aquesta raó precisen ser programades de forma acurada i eficaç per a mantenir la usabilitat dels sistemes. Actualment ja hi ha versions per a 64 bits de les principals aplicacions BIM.

- ***Millora de la usabilitat malgrat l'augment de la complexitat de les operacions a fer***. Cada nova versió d'una aplicació incorpora noves funcions. El repte està en mantenir la coherència del programa, la facilitat d'ús i la interactivitat de les eines.

7.3.16 DESENVOLUPAMENT D'EINES BIM

Cada mes apareixen més eines que amplien les funcionalitat de les aplicacions BIM. La tecnologia de bases de dades sobre les què es basen els models d'informació permet crear eines molt potents amb pocs recursos. Les API's de programació evolucionen en paral·lel per a permetre noves interaccions i augmenten els programadors que se les estudien, ja que possibiliten resoldre problemes concrets sense haver d'esperar que algú en comercialitzi les eines adequades.

Però encara hi ha molt per fer perquè els horitzons són infinits. La tendència hauria de ser que totes les aplicacions especialitzades per al desenvolupament de sistemes arquitectònics especialitzats (eines de càlcul, redacció de memòries, justificació de normatives, control de la execució) acabessin convertint-se en eines BIM. El pas següent fora aconseguir que els Models d'informació actuessin com a contenidors universals el els que cada eina diposités la seva informació. D'aquesta manera, podria ser aprofitada pels altres. Per exemple, una eina de comprovació de la normativa d'incendis podria llegir es prestacions de resistència al foc introduïdes en les descripcions dels objectes que van ser incorporades anteriorment per una aplicació d'amidaments. És quelcom complicat d'implementar perquè cal posar-se d'acord en un estàndard per a la descripció de totes les propietats dels elements, és a dir, el mateix que estan intentant totes les entitats que donen suport al format IFC.

7.3.17 BIM I EL DDE

La documentació necessària per a explicar en paper un projecte comú pot arribar fàcilment a les dues mil làmines (incloent plànols i textos) i que el consum de recursos que s'ha d'invertir només per a publicar-los és enorme. Per altra banda, se n'han de fer diverses còpies, unes quatre com a mínim, així que el cost és multiplica. Per al receptor de la documentació, el paper també és un problema, ja que ocupa molt d'espai (que actualment es paga a uns 2.000€ el m3) i resulta difícil de consultar. Així que la majoria d'ells comencen a acceptar de bon grat els formats digitals, els quals poden, a més, anar indexats per a la seva còmoda inspecció. Malauradament, les administracions encara insisteixen en amuntegar piles i piles de documents, així que solen demanar-ne un parell de còpies.

El Direct Desig Exchange (DDE) és el terme que engloba les tecnologies necessàries per aconseguir que la informació d'un model passi al receptor (que pot ser una màquina) directament, mantenint-se en el medi digital. De fet, es tracta d'aplicar els principis del BIM als usuaris finals de la informació. Això estalvia recursos i garanteix que el destinatari pot accedir a tota la informació de manera fiable i actualitzada.

Els sistemes de signatura digitals ja estan prou evolucionats per a que es puguin emprar de manera generalitzada per autentificar la veracitat i inalterabilitat dels models o visualitzacions entregades als usuaris, així que només cal que el seu ús és generalitzi. A mesura que es vagi estenent l'ús de Models d'Informació, els usuaris aniran entenent el contrasentit que implica el fet d'imprimir les vistes en un mitjà absolutament desconnectat del model amb unes prestacions molt inferiors. Això no passa amb les representacions literals 2D i alfanumèriques (que són el gruix de la informació que avui en dia es processa), ja que en la informació de les impressions és quasi la mateixa, però amb l'ús del BIM, la necessitat d'imprimir les seves vistes cada cop és més difícil de justificar.

Per altra banda, el DDE permetrà que l'execució dels projectes sigui molt més acurada. No estic parlant només de tècniques de fabricació robotitzada, sinó de subsanar el problema que representa per als operaris cenyir-se al que representen uns plànols que no entenen, que han perdut o dels que tenen vàries còpies diferents. En aquest sentit, solucions com grans pantalles tàctils connectades a servidors de dades no són de ciència ficció, sinó una possibilitat ben tangible.

7.3.18 NOUS PERFILS PROFESSIONALS

La Tecnologia BIM ja està començant a generar nous perfils professionals a causa de l'especialització que comporta el seu coneixement i ús. La professió d'arquitecte fa temps que s'està disgregant en especialitats, a pesar de que el perfil predominant és el de director de projectes i el de delineant projectista. Però l'evolució dels productes arquitectònics esta fent que cada cop més hi hagi professionals que s'especialitzin en l'ús d'un nombre cada cop més gran de software i que apareguin nous perfils professionals. Així, els delineants projectistes de despatxos amb costum de presentar-se a concursos hauran de ser competents en l'ús d'eines infogràfiques; des de les de retoc d'imatges (ràster i vectorials) a les de rendering. Però també s'estan implantant les figures més destinades a la gestió, com la de CAD Manager (tot i que en aquest país acostuma a fer moltes tasques d'IT) o la de BIM Manager. L'escala de les firmes locals sovint no dóna per a una especialització exclusiva però és innegable que el nombre i varietat d'aptituds que han de cobrir els professionals de l'arquitectura va creixent cada dia.

En el camp de la Tecnologia BIM, no serà estrany veure currículums professionals en els que el candidat es presenti amb aquests nous credencials (Modelador BIM, BIM Manager, etc), ja que la complexitat de les operacions avançades que es poden realitzar amb les aplicacions BM així ho requeriran. Un altre perfil que estarà en expansió és el d'arquitecte programador. Si bé abans eren una minoria molt reduïda els que aprenien a fer-ho a fi de crear rutines especialitzades, últimament la seva utilitat s'està posant de manifest en els camps del disseny i l'anàlisi arquitectònica.

Amb aquests nous perfils, les empreses dedicades al disseny i construcció d'edificis podran oferir tota mena de serveis fins ara inèdits que permetran revitalitzar un producte que porta massa anys estancat.

7.4 ALTRES VIES DE RECERCA

Aquest treball de recerca només s'ha ocupat d'una petita part del vast univers de la Tecnologia BIM i de les tecnologies relacionades. Mentre transcorria la recerca, he vist com el camp d'acció s'expandia en totes direccions, engrandint també l'àmbit del disseny arquitectònic. Per aquesta raó, han quedat moltes vies per a explorar que poden ser seguides en futures recerques.

7.4.1 ESTUDIS DE CASOS

Per sí sol, l'estudi de casos és un tema prou interessant com per a dedicar-hi una recerca específica. D'aquí un any, dos com a màxim, hi haurà prou experiència en el nostre país com per a que valgui la pena fer una anàlisi en profunditat dels casos d'aplicació de la Tecnologia BIM als despatxos d'arquitectura, entrevistant tots els seus actors. Això ha estat quelcom que he volgut deixar de banda en aquest treball (tret de les escasses referències exposades) conscient de la dimensió d'aquesta qüestió i de la conveniència de deixar passar un temps per tal que el coneixement acumulat sigui una mica més ampli i es pugui parlar de la implementació del BIM en altres disciplines i fases del cicle de vida de l'edifici.

Per altra banda, tinc previst dirigir una implementació multidisciplinar de tecnologia BIM en una empresa de Disseny i Construcció d'edificis d'habitatges que, de ben segur, donarà per escriure un interessant article sobre com es pot aplicar el que aqwuí s'ha comentat en la producció en massa d'arquitectura sota els principis de la Pràctica Integrada.

7.4.2 DISSENY SOSTENIBLE

El disseny sostenible està de moda. Hi ha tota una tecnologia que s'està desenvolupant actualment al voltant de l'objectiu d'aconseguir edificis que contaminin menys al voltant de tot el seu cicle de vida (incloent la fase de disseny). La sostenibilitat és un valor indefugible de la nostra civilització que seria molt interessant investigar de manera homònima a la que s'ha posat en pràctica en aquest treball; començant per les aplicacions comercials per a arribar al transfons de la matèria.

7.4.3 ANÀLISI D'ALTRES APLICACIONS BIM

Des d'un punt de vista pragmàtic, seria molt interessant comptar amb una anàlisi amb profunditat d'altres aplicacions BIM per tal de conèixer les seves característiques i prestacions generals en torn al BIM. En particular trobo a faltar una anàlisi de Nemetschek Allplan, ja que no puc negar que el meu coneixement de la seva operativitat real és molt baix. Seria interessant veure també si el fet de no comptar amb una interface atractiva i ni amb una base de dades fonamentada en l'accés a memòria fa que realment no sigui una eina potent. Particularment, crec que les seves limitacions són més de fons i que les mancances que hom comenta en són el símptoma, però no ho puc afirmar per falta d'informació fiable.

Per altra banda, hi ha tot el camp de les aplicacions BIM per a altres disciplines; disseny d'instal·lacions i d'estructures, control de costos, i les eines de càlcul associades. Tard o d'hora els col·laboradors dels arquitectes s'hi hauran d'apuntar (esperem que esperonats pel primers) i caldria conèixer més sobre elles en relació a les eines que ja hi ha al mercat, amb més història (com Cype Instal·lacions)

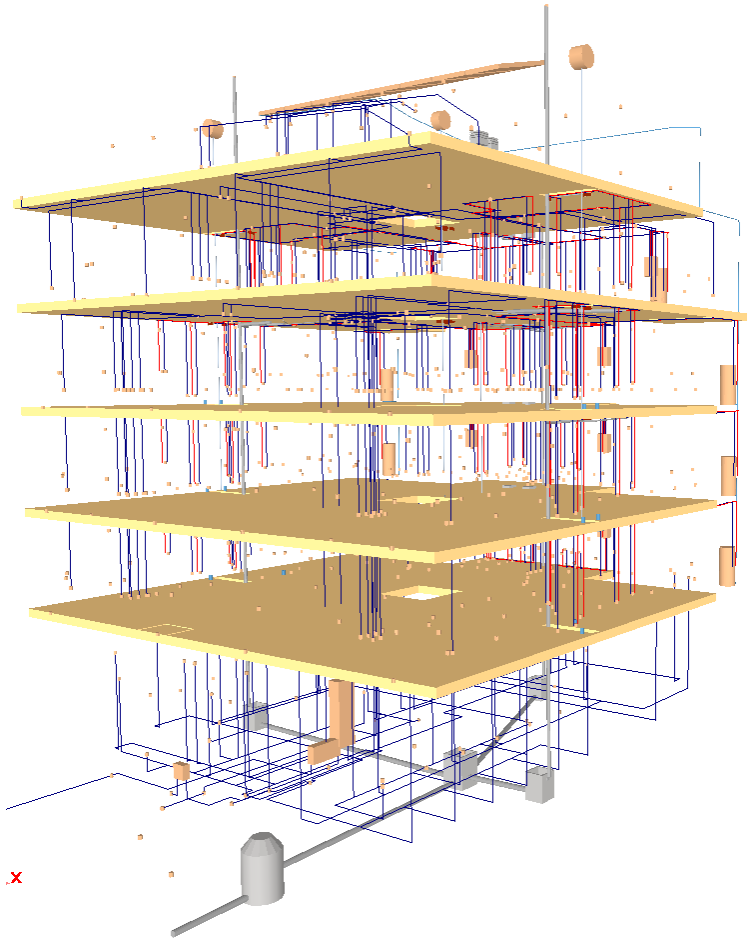


Fig. 7.12. Instal·lacions d'un habitatge desenvolupat amb Cype instal·lacions.

7.4.4 TECNOLOGIA PER AL DDE

La desaparició del paper com a principal mitjà de comunicació i arxivat de la informació és un dels somnis d'un servidor. He de reconèixer que sempre m'ha resultat enutjós invertir temps, diners i esforços en generar una documentació que és molt menys valuosa que la font de la qual prové. Per aquesta raó, sempre he intentar procurar fer el mínim de còpies en paper dels meus projectes i he de dir que últimament he aconseguit que els contractistes i els clients veiessin la bondat de poder consultar tota la documentació de forma centralitzada i assistida.

Per aquesta raó, considero que un tema interessant fóra investigar i desenvolupar estratègies per a permetre als receptors de la informació d'un BIM accedir còmodament a ella a través de visualitzadors, entorns de realitat virtuals, pantalles interactives, etc. És a dir, a través d'un univers de la visualització més ampli, no tan vinculat a les necessitats de la impressió analògica

a la que estem acostumats. De retruc, aquesta recerca donaria peu a descobrir quines poden ser les competències de la figura del Assistent BIM, ja que es tracta d'un dels nous perfils professionals sorgits de les necessitats d'aquesta tecnologia.

També es podria fer recerca sobre les eines de fabricació computeritzada i les seves necessitats, ja que es tracta d'una tecnologia que esta en expansió i que permet donar el control d'aquest procés final als dissenyadors.

7.4.5 BIM PER A LA RESTA D'IMPLICATS

La Tecnologia BIM té un camp d'acció ben ampli que arriba a tots els implicats en la promoció, disseny, construcció i explotació d'un edifici. En aquest treball només s'ha parlat amb profunditat de la seva aplicació en el context del disseny arquitectònic, però seria molt interessant parlar de com promotors, administracions, contractistes, usuaris, etc., poden beneficiar-se d'aquesta tecnologia. Una recerca d'aquesta mena ajudaria a donar idees del que cada gremi pot oferir a la resta i de com poden treballar junts aprofitant el màxim d'informació.

7.4.6 SEGUIMENT DEL IFC

El format IFC té, aparentment, un gran potencial com a eina d'intercanvi d'informació universal. Actualment ja es fa servir en diversos fluxos de treball, però encara esta lluny de solucionar tots els problemes d'interoperabilitat. De totes maneres, quasi tots els desenvolupadors de software li donen suport, així que seria raonable realitzar un estudi que permetés divulgar els principis del IFC i el seu abast real (àmbits d'aplicació, grau d'interoperabilitat, etc.).

7.4.7 DESCRIPCIÓ DE PROCESOS D'INTERCANVI CONCRETS

La interoperabilitat entre aplicacions és una qüestió crítica si es vol aprofitar al màxim les dades d'un model d'informació i no permetre que es perdi al passar d'un model a un altre. Però actualment, cada procés d'intercanvi té les seves peculiaritats depenent entre quines aplicacions informàtiques es faci. De fet, actualment només hi acostuma a haver una bona interoperabilitat entre parelles d'aplicacions molt concretes (per exemple, entre Revit i 3DsMax o ArchiCAD i Cype) i sota condicions molt concretes.

Per aquesta raó, crec que fóra molt profitosa, per a els que estan interessats en implementar BIM en les seves empreses, una investigació sobre aquest tema que aclarís què es pot connectar avui en dia, com cal fer-ho i què se'n pot esperar. Això inclou criteris d'organització de la informació del model per a que pugui ser rebuda correctament, tenint en compte que els receptors poden ser molt variats, des d'aplicacions d'anàlisi fins a clients finals que necessitin estandarditzar els models que reben o, simplement, accedir a la informació de manera senzilla i clara.

7.4.8 DISSENY SEGONS PRESTACIONS

La Pràctica Integrada parla de la conveniència de prendre decisions en les fases primerenques del disseny. Moltes d'elles s'haurien de fer en relació a dades obtingudes amb eines de simulació i anàlisi especialitzades amb el treball amb models conceptuals. Ja hi ha aplicacions BIM capaces de fer-ho en alguns camps (com la previsió de costos o el càlcul energètic), però encara hi ha molt per a desenvolupar i experimentar. Autodesk, per exemple, està desenvolupant un complement per a Revit que permet realitzar estudis de captació solar directament sobre objectes de massa per a poder escollir la volumetria general de l'edifici més adequada a tal efecte.

Seria bo d'investigar que és el que es pot fer al respecte amb les eines existents, ja que es tracta d'un camp que està creixent degut al seu interès pragmàtic i acadèmic, ja que el disseny vers les prestacions pot ser un recurs per a la ideació molt potent que pot rescatar aquells axiomes del moviment modern que deien que la forma havia de seguir la funció.

7.4.9 CREACIÓ DE FAMILIES DE REFERÈNCIA.

Un dels principals esculls a l'hora d'implementar l'ús d'aplicacions BIM per al disseny arquitectònic és la d'haver de crear famílies personalitzades, ja que es tracta d'un dels processos de modelat de la informació més complicats. Tot i que no es pot pretendre que hom creï models d'informació emprant només elements preconfigurats i que tard o d'hora haurà de ser capaç de crear-ne de propis (o almenys algú del seu equip), el fet de comptar amb una llibreria d'objectes adequada als criteris constructius i de llenguatge locals seria de gran utilitat per a ajudar als principiants, especialment en el món acadèmic.

Paral·lelament, el procés de creació d'aquestes llibreries d'ús públic seria el resultat d'una recerca sobre els mètodes més adequats per a modelar-les i, fins i tot, podria establir estàndards en la incrustació de les seves dades.

7.4.10 REDACCIÓ DE GUIES DE MODELAT

Els BIM managers i els modeladors BIM estan acumulant un valuós coneixements sobre les estratègies correctes per a modelar sobre les que encara no hi ha una gran difusió. És cert que hi ha alguns llibres enfocats a l'aprenentatge d'aplicacions BIM concretes, però no hi ha res escrit que tingui en compte les necessitats dels productes que se n'han d'extreure aquí (exceptuant un llibre existent sobre Allplan).

La qüestió no és elaborar manuals d'us sobre un o altre programa (això ja està disponibles i amb una qualitat força bona), sinó de documentar el know-how dels especialistes que han après què és l'important i el que no i en quin ordre s'han de fer les coses. Aquesta mena de coses no surten als manuals d'ús de les aplicacions.

7.4.11 EINES DE COMUNICACIÓ MULTIDISCIPLINAR

La comunicació en temps real entre professionals de diferents disciplines és un tema de vital importància per al disseny col·laboratiu. Independentment de si poden o no treballar sobre un mateix model d'informació, existeix tot un univers d'eines i de protocols de comunicació que fóra bo investigar per a esbrinar com posar en pràctica aquest important principi de la Pràctica Integrada.

7.4.12 CURRICULUM PER A LA DOCÈNCIA DEL BIM

Ja que s'ha parlat de la conveniència d'una reforma en el currículum docent dels estudis superiors d'Arquitectura, fora bo concretar aquesta idea en programes acadèmics pensats per a introduir la Tecnologia BIM en les diferents assignatures on fos oportuna.

7.4.13 MODELAT INTUÏTIU EN EL BIM

Per les raons exposades en el tema 3.2, quan es parlava dels mecanismes de disseny, crec que cal avançar en el desenvolupament dels processos de treball intuïtius en el modelat BIM. Tot i que pugui semblar una contradicció, el fet d'aconseguir que el dissenyador pugui obrar amb la immediatesa de la que gaudia amb algunes de les seves eines tradicionals, pot contribuir a acostar les masses a l'ús d'aquesta tecnologia en fases primerenques.

Aquesta estratègia requerirà de molta preparació prèvia a l'acte en sí de creació, per tal de, per exemple, modelar elements dinàmics que puguin ser emprats a discreció i posteriorment racionalitzats. Però un cop avesats al modelat d'aquestes eines de treball, probablement es podran conjugar un alt nivell d'interactivitat amb un entorn de treball controlat i eficaç. De fet, això és un repte per a qualsevol sistema de gestió de la informació i per això opino que aquesta seria una via de desenvolupament molt apropiada, especialment tenint en compte que el know-how està demostrant que el reialme del BIM encara continua excessivament concentrat en les fases avançades del disseny.

7.4.14 MODELAT GENERATIU EN EL BIM

Actualment hi ha un boom de les eines de modelat paramètric enfocades al disseny generatiu. Només cal veure la quantitat de blogs que hi ha sobre el tema i com l'oferta de formació sobre les aplicacions que s'hi empren augmenta progressivament. Tot això està generant una certa confusió entre el que es pot esperar d'aquesta mena d'aplicacions i dels modeladors BIM, ja que també son paramètrics.

La qüestió és que per tal que el modelat generatiu pugui entrar en l'òptica del BIM ha de ser construïble, i això obliga a un modelat rigorós i a un treball dels encontres entre les peces que no sempre està a l'abast dels seus creadors. Les imatges d'arquitectures generatives són molt atractives i, sens dubte, són un filó per a l'exploració formal, però la seva constructivitat sol ser obviada excepte en els casos en que es desenvolupen pensant en les tecnologies de fabricació per control numèric, les quals també estan vivint un moment dolç.

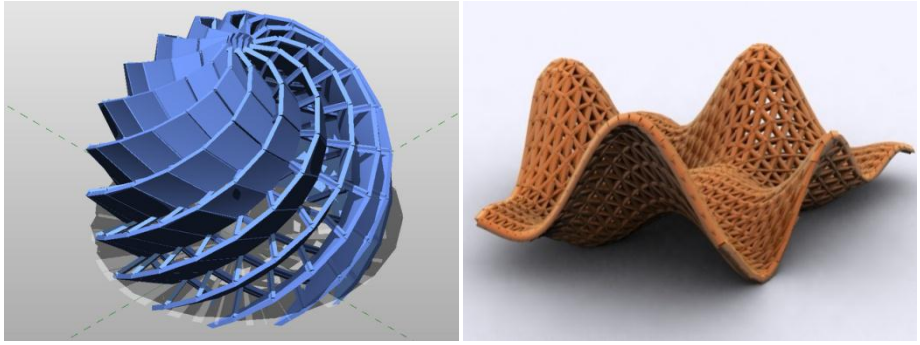


Fig. 7.13. Dos models paramètrics generatius. El de l'esquerra es un BIM de Revit i el de la dreta està generat amb Grasshopper. Les seves prestacions i la forma de descriure'ls són molt diferents.

La qüestió és que les aplicacions de modelat de BIM i les de disseny generatiu tenen nexes en comú, però prestacions ben diferents que, no obstant, tendeixen a apropar-se en alguns aspectes. La meva opinió és que el motiu rau en el fet que proven de donar resposta a necessitats ben diferents, però el fet és que el públic que n'ha sentit a parlar o que en llegeix entrades als blogs, desconeix es detalls dels contextos on es mouen. Fins i tot els usuaris d'un o altre tipus d'aplicacions semblen no acabar d'entendre per a què serveixen exactament les de l'altre.

Per altra banda, hi ha grups de professionals del disseny paramètric generatiu, com el Krfr, que estan desenvolupant sistemes paramètrics de simulació i generació d'edificis sobre eines de disseny de formes lliures customitzades a través de llenguatges de programació, amb la qual cosa el solapament amb les aplicacions BIM és encara més gran.

L'objectiu seria doncs, endinsar-se en el funcionament d'aquesta mena d'eines per tal de conèixer-les i poder comparar-les amb les actuals aplicacions BIM, per tal d'elaborar un estat de l'art i entendre quina mena de problemes poden arribar a respondre aquesta mena d'eines i quins no. En especial m'interessen les eines que incorporen aquestes aplicacions per a la constructivitat de formes lliures, és a dir, aquelles que permeten racionalitzar una superfície i fer-la construïble a través de perfils i panells plans més o menys regulars.

Per altra banda, també m'interessa establir fluxos de treball on models generatius puguin integrar-se en un model BIM amb més informació, ja que els primers semblen més adequats per al disseny de models conceptuals o sistemes constructius específics però els segons possibiliten el modelat dels sistemes arquitectònics generals (tancaments, equipaments, etc).

Finalment, considero que el resultat d'aquesta recerca podria servir de pas per dinamitzar les assignatures de modelat geomètric de les carreres universitàries d'Arquitectura, actualment molt estancades en els processos de disseny literal.

7.4.15 MODELAT DIRECTE EN EL BIM

En els últims anys s'ha popularitzat el que s'anomena ***Modelat Directe***. Es tracta de tecnologies que permeten el modelat tridimensional a través de d'interfaces d'edició que actuen directament sobre el model, escollint in-situ les transformacions disponibles i aplicant-les tot

emulant la manipulació de la seva geometria o dels paràmetres que les defineixen. El paradigma d'aquest enfocament és el popular Sketch-up el qual deu el seu èxit a la facilitat del seu ús i a la immediatesa del seu modelat.

De mica en mica aquestes funcionalitats s'han anat implementant en les eines de CAD i, en menor mesura, a les paramètriques i a les BIM, per tal de fer-les més apropiades per al disseny conceptual, on es demana una gran interactivitat i una resposta immediata als canvis. En general l'usuari vol poder canviar les característiques verificant en temps real el resultat progressiu de les seves modificacions. No és el mateix canviar el valor de la longitud d'un element que anar estirant-lo lo i decidir quan és prou llarg en funció de qualsevol que siguin el criteri que ha motivat la seva edició.

En el cas de l'aplicació del modelat directe a les aplicacions paramètriques en general s'estableix una dualitat interessant, ja que el seu usuari manté el control sobre l'estructura topològica de l'element però pot escollir com la modifica; des d'un punt de vista més analític o més intuïtiu. És el que hom sembla que anomena CAD Híbrid. Exemples d'això són les eines d'alineació de Revit i els seus pinçaments o les noves funcionalitats de Catia v6 i d'Inventor Fusion.

L'altra branca del modelat directe és la possibilitat d'associar-lo amb eines d'anàlisi en temps real, d'aquesta manera es busquen uns cicles d'interactivitat entre els processos especulatius i analítics molt curts. La majoria de les anàlisis requereixen un cert temps per a obtenir-ne els resultats, però gràcies a la potència de càlcul dels processadors actuals i a tècniques de simplificació dels contextos, s'obtenen resultats cada cop més immediats, la qual cosa permet difuminar la frontera entre el tempteig de resultats i el disseny segons prestacions.

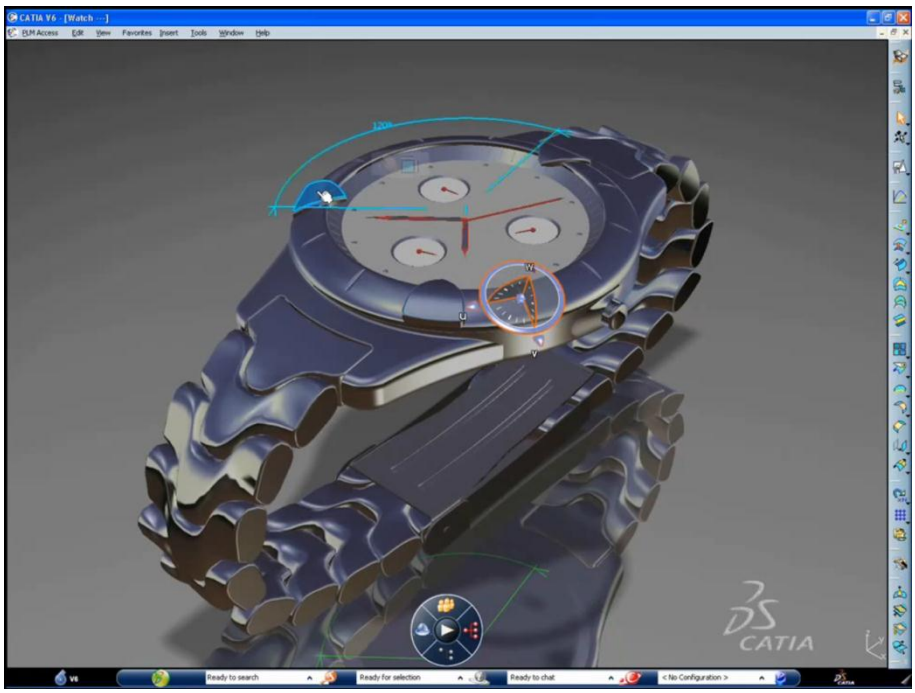


Fig. 7.14. Model paramètric de Catia modificant-se mitjançant tècniques de modelat directe.

L'objectiu de la recerca seria estudiar quin és l'estat de l'art del modelat directe i veure com es pot aplicar als objectes BIM, ja que gran part d'aquesta funcionalitat es pot implantar en ells depenent de com s'estableixin les seves regles paramètriques. Es tracta d'aconseguir més funcionalitats en el que podríem anomenar ***modelat dinàmic***, és a dir, el modelat paramètric amb editors dinàmics.

7.5 EPÍLEG

La realització d'una tesi doctoral sempre és un procés llarg que pot convertir-se en etern si no es troba la motivació adequada. Per aquesta raó, vaig procurar escollir un tema que fos del meu interès particular però que alhora tingués aplicació en el món professional. Així n'assegurava la seva viabilitat des del punt de vista pragmàtic i el seu valor com a estudi acadèmic. De fet, sempre he pensat que ambdós móns, l'acadèmic i el professional haurien de retroalimentar-se constantment.

Per altra banda, l'interès del treball ha augmentat al coincidir amb un període històric en el que s'han donat diverses circumstàncies que fan que sigui especialment interessant. Per una banda, tenim l'eclosió de les tecnologies de la informació aplicades al disseny arquitectònic, les quals estan obrint nous camps d'exploració que fins ara estaven reservats a elits altament tecnificades. Per l'altra, el context socio-econòmic està portant a una situació de crisi a les tecnologies tradicionals, encara que la majoria dels seus usuaris no són capaços de veure-ho. Tot això fa que tingui la sensació d'estar participant en un període de transició que, com a tal, serà complicat però excitant. Aquesta mateixa circumstància ha fet que m'esforcés en finalitzar el treball en un temps raonable, per tal d'evitar que quedés obsolet abans de sortir publicat.

En aquest sentit, val a dir que la quantitat d'informació que ha anat sorgint sobre el tema de la Tecnologia BIM ha augmentat de forma exponencial a mesura que passava el temps, cosa que ha dificultat l'acotat de la recerca, ja que s'havia de trobar un compromís entre l'amplitud del que es volia estudiar i la solvència amb que es pretenia documentar-ho. Així, si bé al principi volia centrar-me en les aplicacions BIM per al disseny arquitectònic, de seguida vaig veure que havia de parlar també del context general de la seva tecnologia, malgrat que poc després vaig adonar-me que només podia esbossar-la a grans trets.

Crec que el resultat final ha estat prou bo, sobretot tenint en compte la primícia de la gran majoria de les fonts consultades, que foren publicades en els últims mesos i la necessitat d'interpretar-les en clau nacional, ja que quasi la seva totalitat provenen de l'estranger. Naturalment, aquest treball té aspectes millorables, però considero que és una base prou bona per a seguir investigant.

Pel que fa a la redacció del treball en sí, el cert és que el fet d'escriure tantes línies no m'ha resultat especialment tediós, ans tot el contrari. Però corregir-les posteriorment ha estat una tasca molt feixuga i poc agraïda, per la lentitud del procés, per seguir trobant errors en textos ja revisats i per haver comprovat com quant d'avorrit es pot arribar a ser. Quanta raó tenien els que m'aconsellaven que fos el més breu possible!

El tema de la maquetació tampoc no ha estat senzill. He aprés molt sobre l'ús de Word com una eina de gestió de la informació, corroborant la teoria de que qualsevol model és susceptible d'ésser millorat aplicant els principis de la pràctica integrada. També ha estat una oportunitat per a estudiar la morfologia d'un llibre imprès i, de passada, descobrir que els costos de la seva publicació a tot color quintupliquen els de fer-ho en blanc i negre. Per aquesta raó, molts editors opten per separar les pàgines que precisen color de les que es poden imprimir en blanc i negre. Jo he preferit facilitar al lector un enllaç a la versió electrònica. Realment, res és trivial si és vol fer bé.

Malgrat tot, he de dir que la realització de tota aquesta feina m'ha aportat nombrosos beneficis col·laterals, la majoria de caire personal i d'altres de tipus professional, la qual cosa em satisfà enormement; no només perquè ratifiquen la seva utilitat, si no perquè em motiven a seguir perseguint l'objectiu últim d'aquest treball, que no és altre que contribuir a que els implicats en el fet constructiu millorin la seva professió a través de l'ús de tecnologies més adequades a les seves necessitats.

Capítol 8.
ANNEXES

8.1 GLOSSARI

En aquest apartat és defineixen alguns termes que apareixen en aquesta tesi, sempre en relació al context de la Tecnologia BIM. Tot i que alguns termes són originaris d'un software o d'una publicació en concret, s'ha estès el seu us a tot allò que s'hi pogués acollir.

· **Abstracte:** No concret, que no representa realitats concretes sinó a conceptes. Consideració aïllada de les qualitats essencials d'un objecte.

· **AIA:** Acrònim de ***American Institute of Architects***. Organització d'arquitectes americana. Promou la millora de la pràctica dels seus membres i l'augment de la dignitat de la professió.

· **Anàlisi:** Examen de les parts i les propietats d'un objecte en relació a un determinat criteri.

· **Anotació:** Objecte que mostra informació alfanumèrica en una vista gràfica.

· **API:** Acrònim de ***Application Programming Interface***. Conjunt de rutines, comandes, objectes i protocols suportats per aplicacions informàtiques a fi i efecte de permetre la programació d'eines que hi treballin aprofitant les seves funcionalitats.

· **Aplicació BIM:** Software dissenyat per a la creació i edició d'un model d'Informació paramètric, multidisciplinar i multivista.

· **Arquitectura:** Amb aquest terme es defineix comunament l'art de projectar o construir edificis i obres semblants, però també dona nom a la composició, estructura o manera en que encaixen les peces d'un sistema Per tant, quan parlem de disciplines, la disciplina d'arquitectura seria la que s'encarrega de que totes les parts d'un edifici, incloses les dissenyades per altres tècnics, encaixin en un projecte construïble. És, doncs, el que comunament fan els arquitectes. Així, Arquitectura és alhora el producte del treball conjunt de totes les disciplines implicades i la disciplina encarregada de que això sigui possible.

· **Atribut:** Informació adjuntada a un objecte que no esta vinculada amb cap altre.

· **BEM:** Acrònim de ***Building Element Model***. S'usa per a referir-se als ***objectes BIM*** susceptibles de ser emprats en diferents models d'informació.

· **BIM:** Acrònim de ***Building Information Model*** o de ***Building Information Modelling*** i que, per tant, pot traduir-se com a substantiu o verb. Es refereix a un model d'Informació paramètric, multidisciplinar i multivista o a l'acció de crear-lo. En aquest escrit també s'empra com a adjectiu en els termes "Model BIM", "Procés BIM o "Tecnologia BIM", per a diferenciar el model en si, el procés de la seva creació o la tecnologia orientada en aquesta direcció.

· **CAAD:** Acrònim de ***Computed Aided Architectural Design***. Es tracta d'eines de CAD especialitzades en la delineació de models arquitectònics. És, en certa manera, el precursor de les eines BIM.

· **CAD:** Pot correspondre a l'acrònim ***Computer Aided Design*** o al de ***Computer Aided Drafting.*** El primer es refereix a l'acte genèric de dissenyar emprant eines informàtiques i a la segona, al seu ús específic per a tasques de delineació. La ambigüitat d'aquest acrònim fa que en aquest treball s'empri la primera definició i el terme de ***CAD literal*** per la segona. També es pot trobar el terme ***CADD*** que es l'acronim de ***Computed Aided Design and Drafting*** que es refereix a l'acció de dissenyar tot delineant amb eines informàtiques, el col·loquialment anomenat "treball en 2D".

· **CAD BIM:** Software de disseny que empra Tecnologia BIM.

· **CAD literal:** Aplicació destinada a modelar representacions literals d'una idea o realitat. Aquestes representacions poden ser bidimensionals, tridimensionals o alfanumèriques Les entitats que s'empren poden tenir cert grau de parametrització però fins i tot quan són tridimensionals no aspiren a cobrir tots els aspectes que defineixen allò que representen.

· **CAD paramètric:** Aplicació destinada a modelar representacions paramètriques d'una idea o realitat. Aquestes representacions poden ser bidimensionals a través de l'establiment del les característiques que la defineixen. Aquestes representacions poden ser bidimensionals, tridimensionals o alfanumèriques El model es modifica principalment alterant el valor dels paràmetres i són capaços d'interactuar amb altres objectes ja que s'estableixen paràmetres que relacionen característiques d'uns objectes amb les d'altres.

· **CADD:** Acrònim de ***Computer Aided Design and Drafting.*** Es refereix a l'acció de dissenyar tot delineant amb eines informàtiques.

· **Categoria:** Grup de famílies d'elements paramètriques d'una mateixa mena. Per exemple, els murs i les finestres són categories diferents.

· **Component:** Cadascun dels element que conforma un model arquitectònic.

· **Concepte:** Objecte mental que hom empra per a comprendre el seu entorn i les interaccions que s'hi donen.

· **Construcció Eficient:** Del terme "***Lean Construction***". Bàsicament, es tracta de construir generant el mínim de residus possible en el sentit més ampli de la paraula, que inclou des dels materials de rebuig a les tasques inútils. Per a aconseguir-ho, cal planificar tots els processos acuradament. Amb aquest objectiu, s'aconsegueix de manera natural un gran estalvi de temps i de recursos en general, alhora que es protegeix el medi ambient. "***Lean***" en anglès significa vol dir prim o econòmic i "***waste***" és el terme que s'empra per a referir-se a tot allò que es produeix col·lateralment durant el procés de fabricació d'un producte i que no es pot aprofitar per a altres processos.

· **Delineació**: Segons el diccionari, traçar amb línies. Aquí s'empra en un sentit més ampli per a referir-se al fet de representar literalment.

· **Desenvolupament parcel·lat:** Sistema de treball col·laboratiu en el que cada participant intervé un àmbit molt acotat en l'espai i el temps.

· **Discretitzar:** Definir en base a un nombre finit de variables.

· **Edició lògica:** Mode d'edició basat en operands lògics.

· **Eina BIM:** Software dissenyat per a l'anàlisi de part de la informació d'un model BIM per tal d'obtenir-ne simulacions concretes. Les eines BIM generen els seus propis models d'informació aprofitant la ja existent en altres i aportant informació suplementària.

· **Exemplar:** Entitat inserida en el model. Per exemple, una família de portes pot tenir dos exemplars d'un determinat tipus inserits en una planta i tres en una altra.

· **Esbós:** Del terme anglosaxó ***Sketch***, és refereix al perfil lineal, normalment bidimensional, que defineix el contorn d'una primitiva per a la generació d'un objecte paramètric, ja sigui una família de sistema o un sòlid per a la creació d'una peça d'una família de component.

· **Executors de l'obra:** Responsables final de la construcció d'un edifici, subcontractats pel contractista.

· **Família:** Conjunt d'objectes d'una mateixa categoria definits pels mateixos paràmetres. Per exemple, un model determinat de porta serà una família que contindrà totes les variacions que s'hagin creat per a la família (tipus), com ara diferents mides o acabats.

· **Família allotjada:** Família destinada a ser inserida en o sobre un amfitrió. Cada família allotjada es crea segons a quina categoria pertanyerà i quin amfitrió el suportarà. Es desa com un fitxer individual per a després emprar-lo en qualsevol projecte. En anglès s'anomenaria "***Hosted familly***". Totes les famílies hostejades són de component.

· **Família amfitrió:** Família de sistema capaç de servir de suport a un altre un cop colocada en el model. Per exemple, els murs poden servir de suport a les finestres, però també els forjats o els plans de referència. La seva traducció de l'anglès, "***Host family***", pot portar a errades d'interpretació en la documentació que estigui en aquest idioma, ja que en català i castellà "hoste" es tant la persona que s'allotja com la que li dona allotjament.

· **Família de component:** Família creada amb criteris paramètrics lliures per a ser aprofitada en diversos projecte.

· **Família de sistema:** Família els paràmetres i disseny general de la qual està predefinit per l'aplicació. És creen en l'espai del model arquitectònic i pertanyen a ell.

· **Família in-situ:** Família creada en el espai del model per al seu ús excepcional. La tecnologia és la mateixa que s'usa en la creació de famílies de component, però no admeten la creació de tipus ni la seva exportació com a arxiu independent.

· **Família niada:** Família de component inserida en una altra de component per a crear-ne una de més complexa.

· **Família receptora:** Família de component que en rep una altra i que, per tant, disposa de paràmetres que controlen els de la família que s'hi nia.

· **IAI:** Acrònim de ***International Alliance for Iteroperability***. Organització que treballa per a aconseguir la plena interoperabilitat de les aplicacions BIM.

· **IFC:** Acrònim de ***Industry Foundation Classes***. Es tracta d'un format neutral per a descriure models d'informació d'especificacions obertes que fou ideat per la ***International Alliance for Interoperability*** per a facilitar la interoperabilitat entre la indústria de la construcció. Diversos organismes pretenen que es converteixi en un format d'intercanvi estàndard per a les aplicacions BIM.

· **Implementar:** Posar en marxa quelcom a través de la implantació dels recursos necessaris i la seva posada en funcionament de manera operativa. En aquest context, implementar una tecnologia en un despatx implica no només implantar-la, si no fer-la funcionar.

· **Implantar:** Instal·lar o inculcar quelcom.

· **Industrialitzar:** Sotmetre un producte a la seva producció en sèrie.

· **Informació:** Conjunt de dades processades que esdevenen coneixement.

· **Institució:** Categoria social que, apareguda per atendre alguna necessitat bàsica de la societat, assoleix caràcter orgànic i permanent, tot recolzant-se en una reglamentació jurídica.

· **Interactiu:** Terme que s'aplica a allò que és concebut a la manera d'un diàleg entre màquina i l'usuari.

· **Intercanviador BIM:** Traducció del terme anglosaxó ***Building Model Repository***. Es tracta d'una base de dades dinàmica l'estructura de la qual esta basada en un format públic d'intercanvi de models d'informació. Permeten la consulta, transferència, actualització i gestió individualitzada o col·lectiva d'objectes de naturalesa heterogènia provinents de diverses aplicacions per part de múltiples usuaris simultàniament.

· **Interventor:** Aquell que intervé en la promoció, disseny, construcció o explotació d'un edifici.

· **Interoperabilitat:** Capacitat de dues aplicacions de software d'intercanviar informació a través de la lectura de formats compatibles d'arxius.

· **Lliurable BIM:** Producte BIM destinat a ser lliurat a una tercera persona.

· **Llibreria BIM**: Conjunt d'objectes BIM desats independentment en un repositori a fi i efecte de ser aprofitats en diversos models o ser compartit entre varis usuaris. ***BEM Library***.

· **Localització:** Personalització d'una aplicació per a un mercat localitzat en una àrea geogràfica concreta. Es personalitzen d'idioma, les llibreries d'objectes i fins i tot certs components del software.

· **Model:** Descripció d'una realitat o concepte que s'elabora a fi de facilitar el seu estudi o desenvolupament. Un Model es compon d'una o més representacions d'aquells aspectes que es volen estudiar.

· **Model BIM:** Model d'informació especialitzat en la descripció d'edificis.

· **Model conceptual:** Model BIM que descriu les intencions i especificacions generals que ha de seguir el projecte d'un edifici.

· **Model constructiu:** Model BIM amb la informació necessària per a descriure les intencions de muntatge i recursos aproximats per a construir determinats elements d'un edifici.

· **Model de disseny:** Terme amb el que hom pot referir-se a un model amb el grau de detall necessari per a descriure les intencions de disseny del projectista. De les fases pel que passa un model BIM al llarg del seu cicle de vida, pot correspondre a un Model Conceptual o a un Model Detallat.

· **Model de fabricació:** Model BIM amb la informació necessària per a descriure amb exactitud el muntatge i recursos necessaris per a construir determinats elements d'un edifici.

· **Model d'informació:** Model que descriu una realitat o concepte a través de ***representacions d'informació*** relatives als aspectes que la defineixen, abastant diversos àmbits i incloent factors d'interrelació. Aquestes característiques essencials són després visualitzades sota diferents formats per a la seva edició o anàlisi. L'objectiu final d'un model d'informació és la de permetre simular el comportament d'una realitat o concepte en tota la seva complexitat, tot oferint un entorn pel procés de les dades que se'n té.

· **Model detallat:** Model BIM que descriu el disseny d'un edifici en tots els seus aspectes excepte els relacionats a com ha de ser construït.

· **Model dinàmic:** Model paramètric que gaudeix de controladors dinàmics que permeten editar-lo en temps real emulant mecanismes manipulatius.

· **Model literal:** Model que descriu una realitat o concepte a través de la ***representació literal*** d'alguns dels aspectes que la defineixen, sense poder incloure-hi factors d'interrelació. El model pot contenir diverses representacions i les mostra literalment. L'objectiu d'un Model literal és el de simular un nombre limitat de comportaments d'una realitat o concepte.

· **Model paramètric:** Model que descriu una realitat o idea a través de la ***representacions paramètriques*** dels aspectes que la defineixen especialitzant-se en un determinat àmbit, tot emfatitzant els factors relacionals. Aquestes característiques essencials que després són visualitzades sota diferents formats per a la seva edició o anàlisi.

· **Modelar:** Acció de crear un model d'una idea. S'aplica a models tridimensionals, bidimensionals o alfanumèrics.

· **MEP:** Acrònim de ***Mechanical, Electrical and Plumbing***, es refereix a aquelles aplicacions que serveixen per al disseny de les instal·lacions dels edificis.

· **Niar:** Incrustar un objecte dins d'un altre, de tal manera que el comportament del primer estigui sotmès al del segon.

· **Objecte BIM:** Entitat que emmagatzema diverses propietats i que és capaç d'interaccionar amb altres objectes, en contraposició a les entitats literals que només contenen una mena d'informació. Per exemple, un objecte porta contindrà informació per a la seva representació a banda d'altres com el seu nom de tipus, el material de les seves parts, etc. També conegut sota el terme ***BEM***.

· **Objectivar:** Fer que quelcom assumeixi el caràcter d'objecte. En aquest context, dissenyar emprant objectes paramètrics en comptes de representacions literals.

· **Operari:** Qui realitza personalment una acció constructiva.

· **Paràmetre:** Valor d'una regla paramètrica, la modificació de la qual altera altres paràmetres o propietats de l'objecte.

· **Parametritzar**: Descriure un objecte en funció de les relacions entre els factors que el defineixen. Un objecte paramètric és un conjunt de valors (paràmetres) i regles que els relacionen.

· **Part:** Conjunt de peces que formen una component diferenciable d'una família i que es situen en una mateixa subcategoria. Per exemple el marc d'una porta és una part diferent a la fulla.

· **Peça.** Cadascun dels sòlids que componen un objecte paramètric. El marc d'una porta pot estar compost per tres peces (dos brancals i una llinda) o per una sola (un perfil de translació que recorre tot el marc)

· **Pla de referència:** Objecte que defineix un pla de referència per a ser emprat com en la col·locació d'objectes o en l'establiment de restriccions paramètriques.

· **Pla de treball:** Pla virtual que serveix com a referencia temporal per a situar elements en el model.

· **PLM:** Acrònim de ***Product Lifecycle Management***. Tecnologia de gestió integrada del producte durant tot el seu cicle de vida. Emprada universalment per el sector industrial.

· **Pràctica Integrada:** Traducció de l'anglosaxó ***Integrated Practice*** o ***Integrated Project Delivery (IPD)***. Es tracta d'una filosofia per al desenvolupament de projectes d'edificació basada en la integració de persones, sistemes, estructures i pràctiques de negoci en un procés de col·laboració que aprofita el talent i les idees de tots els participants per millorar els resultats dels projectes, tot augmentant el valor del producte, reduint els residus i maximitzant l'eficiència de totes les etapes de la promoció, el disseny, la construcció i l'explotació de l'edifici.

· **Procés:** Successió de fases que es repeteixen amb la finalitat de transformar quelcom.

· **Procediment:** Passos que hom fa com a part d'un procés.

· **Procés BIM:** Procés planejat que té com a objectiu la creació d'un model BIM.

· **Producte BIM:** Traducció del terme anglosaxó ***BIM Delivery***. Qualsevol informació extreta d'un BIM en qualsevol de les formes possibles. Es pot tractar de vistes, de làmines per a plànols, informes, exportacions de dades o qualsevol altre concepte que es pugui obtenir gràcies al modelat d'un BIM.

· **Product Data Model:** Terme anglosaxó que actualment s'empra per a referir-se al que en aquest treball s'anomena ***model d'informació***.

· **Propietat:** Qualitat intrínseca d'un objecte. A diferència dels atributs, poden estar vinculats a una regla paramètrica.

· **Prototipus Digital:** Assaig d'un projecte emprant un model digital que és capaç de simular el seu comportament quan s'executi, independentment del seu grau de detall. Un model d'informació ben elaborat esdevé un prototipus digital que va guanyant prestacions al llarg del seu desenvolupament.

· **Representació:** Tornar a presentar. Evocació d'una realitat, model o concepte mitjançant la reproducció de determinats aspectes que en són propis. Quan aquesta és una ***representació literal***, conté només la informació que hi és aparent i tota és d'una mateixa naturalesa (per exemple un dibuix o una maqueta); si no ho és, la informació que conté no es sempre aparent i esta interrelacionada a través de lleis paramètriques. Parlem doncs, de ***representació paramètrica***. Quan exportem un model compost per representacions paramètriques o d'informació a un format de CAD tradicional, n'obtenim una representació literal d'algunes de les seves dades.

· **Representació d'informació:** Representació paramètrica construïda des d'un punt de vista polifacètic, descrivint i/o relacionant diversos aspectes d'una mateixa idea o realitat, encara que siguin de molt diversa índole.

· **ROI:** Return Of Investiment. Concepte que es refereix als beneficis que s'obtenen de la inversió en una determinada tecnologia.

· **Simulació** Experimentació del comportament d'un model en un determinat aspecte. Els models literals permeten fer simulacions molt limitades, mentre que els d'informació tenen unes capacitats teòricament infinites, ja que només es veuen limitades per la quantitat i qualitat de la informació interrelacionada que contenen. També tenen la capacitat de simular processos, quelcom impossible d'aconseguir amb models literals.

· **Sistema arquitectònic:** Conjunt d'elements arquitectònics que desenvolupen una funció similar. Per exemple, en un edifici podem trobar el sistema estructural, el de tancaments exteriors, el d'instal·lacions d'aigua calenta, etc.

· **TIC:** Acrònim de ***Tecnologies de la Informació i la Comunicació***. Terme que reben les noves tecnologies de gestió de la informació i del seu transport, basades en tecnologia informàtica.

· **Tipus:** Cadascun dels conjunts de valors paramètrics d'una família d'objectes.

· **Tecnologia:** Conjunt d'eines, tècniques i conceptes que permeten executar o planificar una tasca mitjançant uns determinats processos.

· **Tecnologia BIM:** Metodologia de disseny i documentació d'una construcció caracteritzada per la creació i l'ús d'informació coordinada, consistent i computable durant el tot el seu cicle de vida.

· **Topologia:** Conjunt de propietats geomètriques dels objectes paramètrics que romanen inalterades després de transformar-los. La topologia d'un objecte estableix com és l'objecte en si i com es relaciona amb la resta.

· **Vista:** Visualització més o menys matisada d'un model. Representació obtinguda de manera totalment automatitzada.

· **Vista 3D:** Vista dinàmica.

· **Vista alfanumèrica:** Vista del model que enumera una sèrie d'aspectes molt concrets en forma de taula o llistat. Per exemple, un còmput de portes ordenat per nivells i tipus.

· **Vista bidimensional:** Vista estàtica destinada a mostrar elements bidimensionals.

· **Vista dinàmica:** Vista gràfica que permet la modificació del vector de visualització de forma dinàmica.

· **Vista estàtica:** Vista gràfica que no permet la modificació del vector de visualització de forma dinàmica.

· **Vista IFC:** Traducció del terme anglosaxó ***IFC View***. Conjunt de dades extretes d'un BIM per tal de realitzar una transferència d'informació en un àmbit concret, com ara el disseny estructural o energètic, el control de costos, la planificació d'obra o qualsevol altre. Aquesta terminologia quadra amb el concepte de vista d'un BIM, que es refereix a qualsevol extracció d'informació, ja sigui en forma gràfica o alfanumèrica.

· **Vista tridimensional:** Visualització d'un model que és capaç de mostrar les seves tres dimensions. El mecanisme que s'empra normalment per aconseguir-ho és que la vista sigui dinàmica, però també es pot aconseguir per estereoscòpia.

· **Visualització:** Visió d'un model sota unes determinades condicions. En contraposició a una representació, una visualització no implica una regeneració de la informació, sinó un accés directe a ella.

8.2 REFERÈNCIES

Atesa la contemporaneïtat del tema, les principals fonts de documentació han estat electròniques, incloent les pàgines webs dels fabricants, la documentació de les pròpies aplicacions, les revistes i portals especialitzats, els fòrums de discussió i els blogs d'usuaris que comparteixen les seves opinions i recursos. Tals recursos han estat consultats assíduament per la immediatesa dels seus continguts i capacitat d'atendre els esdeveniments que s'anaven succeint durant el transcurs d'aquesta recerca i han esdevingut un recurs inestimable per a la meva pròpia formació.

No obstant, també s'inclouen un nombre considerable de referències impreses, les quals són de gran utilitat a l'hora d'aprofundir en determinats temes i de disposar de recursos documentals més elaborats que ajudin a contextualitzar i relacionar les informacions molt més fragmentades dels recursos electrònics.

Totes les referències han estat gestionades amb el software lliure basat el Jave JabRef, que es pot baixar gratuïtament des de la seva web oficial o des de:
http://www.practicaintegrada.com/storage/tecnologiabim/JabRef-2.6-setup.exe

Amb ell es pot accedir a la base de dades emprada en aquest treball, ubicada a:
http://www.practicaintegrada.com/storage/tecnologiabim/TecnologiaBIM.bib

Les referències han estat exportades segons l'estàndard Chicago emprant el pluguin:
http://www.practicaintegrada.com/storage/tecnologiabim/Chicago.rar

8.2.1 DESENVOLUPADORS DE SOFTWARE

Am2: *Arq+CC, ArqMida.*
http://www.am2.es

ArcTek: *Tricalc, Gest.*
http://www.tricalc.com

Autodesk: *AutoCAD, Architectural Desktop, Revit, Naviswork, Robot, etc.*
http://www.autodesk.com

AutoDesSys: *Form-Z, Bonsai-3D.*
http://www.formz.com

Beck Technology: *DProfiler.*
www.beck-technology.com

Bentley: *Microstation, Bentley Architecture, Generative Components, Triforma, etc.*
http://www.bentley.com

BIM Ibérica. *Medit.*
http://bimiberica.es

Cype Ingerieros. *CypeCAD, Arquímedes.*
http://www.cype.es

Dassault Systemes: *Catia.*
http://www.3ds.com/home

Digital Building Solutions: *BIM Content Manager.*
http://www.digitalbuildingsolutions.com

Enterprixe: *Model Server.*
http://www. enterprixe.com

Eurostep: *ModelServer for IFC.*
http://www.eurostep.com

Exactal Pry LTD*: CostX.*
http://www.exactal.com

Ghery Tehcnologies: *Digital Project.*
http://www.gehrytechnologies.com

Google: *Sketch-up, Google Hearth.*
http://www.sketchup.com

Graphisoft: *ArchiCAD, Ecodesigner.*
http://www.graphisoft.com

Informatix: *Piranesi.*
http://www.informatix.co.uk

Innovaya: *Visual Estimating*
http://www.innovaya.com

JabRef: *JabRef reference Manager.*
http://jabref.sourceforge.net

McNeel: *Rhinoceros, Grasshopper.*
http://www.mcneell.com

Nemetschek: *Allplan, SCIA, Vectorworks.*
http://www.nemetschek.com

Onuma: *Onuma Planning System, Omuna Model Server.*
http://www.onuma.com

RISA Technologies: *RISA 3D, RISA Foundation, RISA Floor, RISA tower.*
http://www.risatech.com

Sage: *Timberline Office.*
http://www.sagetimberlineoffice.com

Solibri: *Solibri Model Checker.*
http://www.solibri.com

Tectonic Network: *BIM Library Manager.*
http://www.tectonicntwork.com

Tekla: *Tekla Structures.*
http://www.tekla.com

Trelligence: *Affinlty.*
http://www.trelligence.com

U.S. Cost: *Success Estimator.*
http://www.uscost.com

Vico: *Vico Constructor, Vico Estimator*
http://www.vicosoftware.com

8.2.2 ORGANITZACIONS

American Institute of Steel Construction, AISC: *Institut per al desenvolupament de les tecnologies relacionades amb la construcció metàl·lica.*
http://www.aisc.org

BuildingSMART Alliance: *Aliança per a la interoperabilitat entre els productes industrials emprats en la construcció.*
http://www.buildingsmartalliance.org

Center for Integrated Facility Engineering, CIFE: *Centre de recerca sobre el disseny virtual aplicat a la construcció.*
http://www.stanford.edu/group/CIFE

Design Build Institute of America, DBIA: *Institut per al desenvolupament dels mètodes de contractació participatius.*
http://www.dbia.org

Digital Design Fabrication Group: *Centre de recerca sobre tecnologies per a la fabricació i disseny digitals.*
http://ddf.mit.edu/index.html

Eurostep: *Empresa especialitzada en desenvolupar estàndards per al PLM.*
http://www.eurostep.com

Freedom of Creation: *Empresa especialitzada en el disseny i comercialització de productes impresos en 3D.*
http://www.freedomofcreation.com

Grup Algomad*: Grup que organitza seminaris sobre mètodes generatius en arquitectura i disseny.*
http://www.algomad.org

Grup de recerca ARC: *Grup de recerca sobre Arquitectura, Representació i Computació.*
http://www.salle.url.edu/arc/index.php/grupos

Grup empresarial Hok: *Multinacional dedicada al disseny d'edificis.*
http://www.hok.com

Grup Krfr: *Grup per a la recerca i desenvolupament d'estratègies de disseny sostenibles socialment compromeses basades en la computació.*
http://www.krfr-1.com

International Alliance for Interoperability, IAI: *Aliança per al desenvolupament de la interoperabilitat entre aplicacions de disseny, anàlisi i simulació.*
http://www. iai-international.org/index.html

Lean Construction Institute, LCI: *Institut per a la Construcció Eficient.*
http://www.leanconstruction.org

Lift Architects: *Despatx d'arquitectes especialitzats en disseny generatiu.*
http://www.liftarchitects.com

National Institute of Building Sciences, NIBS: *Institut dedicat a estudiar el fet constructiu.*
http://www.nibs.org

Open Geospatial Consortium: *Organització per al desenvolupament d'un llenguatge universal per a la informació geospacial.*
http://www.opengeospatial.org

The Construction User's Roundtable, CURT: *Lloc de trobada entre els promotors, els contractistes i dissenyadors.*
http://www.curt.org

8.2.3 REVISTES ELECTRÒNIQUES

AECBytes: *Revista sobre temes d'AEC.*
http://www.aecbytes.com

AECCadalyst: *Revista sobre temes d'AEC.*
http://aec.cadalyst.com:

AECMagazine: *Revista sobre temes d'AEC.*
http://www.aecmag.com

AECWeekly: *Revista sobre temes d'AEC.*
http://www.aeccafe.com

Automation in Construction: *Revista sobre temes d'AEC enfocada al món de la construcció.*
http://www.elsevier.com

CADdigest: *Revista sobre CAD en general.*
http://www.caddigest.com

CADwire: *Revista sobre CAD en general.*
http://www.cadwire.net

Future Feeder: *Revista sobre temes de computació.*
http://www.futurefeeder.com

8.2.4 PORTALS

AECCafe: *Portal sobre AEC. Allotja la revista electrònica AECWeekly.*
http://www.aeccafe.com

ArchiCAD Wiki: *Portal amb recursos per a ArchiCAD.*
http://www.ArchicadWiki.com

AUGI: *Autodesk User Group International.*
http://www.augi.com

Autodesk Seek: *Recursos BEM.*
http://seek.autodesk.com

Blogger: *Portal de blogs on resideixen varis blogs sobre CAD i BIM.*
http://www.blogger.com

CADLore: *Portal serveis relacionats amb la indústria del CAD.*
http://www.cadlore.com

Portallplan: *Portal i fòrum de suport als usuaris de Allplan.*
http://www.portallplan.com

RevitCity: *Portal de suport a usuaris de Revit.*
http://www.revitcity.com

Todoarquitectura: *Portal de recursos per a l'arquitectura.*
http://www.todoarquitectura.com

8.2.5 BLOGS

ArchiCAD Blog: *Exactament el que el seu nom indica.*
http://archicad-blog.blogspot.com

ArchicadMonkey: *Blog sobre ArchiCAD*.
http://www.archicadmonkey.com

ArchiTruques: *Blog sobre ArchiCAD.*
http://www.architruques.blogspot.com

Between the Walls*: Blog sobre AutoCAD Architecture i AutoCAD MEP.*
http://adt_blog.typepad.com

Builz: *Blog sobre disseny paramètric de famílies de Revit.*
http://buildz.blogspot.com

CADbeyond. *Blog sobre CAD i BIM.*
http://www.cadbeyond.com

DesignReform*: Blog sobre disseny paramètric.*
http://designreform.net

Don't think: Do Revit: *Blog sobre Revit.*
http://dorevit.blogspot.com

GIS Exchange: *Blog sobre temes de GIS.*
http://gisexchange.typepad.com

Revit Clínic: *Blog especialitzat en Trips & Tricks.*
http://revitclinic.typepad.com

Revitalize: *Blog sobre Revit.*
http://revit-alize.blogspot.com

RevitOpEd: *Blog sobre Revit.*
http://revitoped.blogspot.com

RoviNZ CAD blog: *Blog sobre CAD*.
http://rcd.typepad.com/rcd

8.2.6 FÒRUMS

A3d: *Fòrum sobre Revit.*
http://www.a3d.es/forum

ArchiTalk: *Fòrum de suport als usuaris d'ArchiCAD.*
http://archicad-talk.graphisoft.com

AUGI: *Fòrum de l'Autodesk User Group International.*
http://www.augi.com/forums/default.asp

Be Comunity: *Comunitat d'usuaris de productes de Bentley*
http://communities.bentley.com/

CADForum: *Fòrum sobre CAD en general.*
http://www.cadforum.cz

Portallplan: *Fòrum de suport als usuaris d'Allplan.*
http://www.portallplan.com

8.2.7 MATERIAL D'APRENENTATGE IMPRÈS

Atkinson, D. T. 2002. *Illustration in ArchiCAD.*: Graphisoft.

Dzambazova, T., E. Krygiel, G. Demchak 2010. *Mastering Revit MEP 2011.*: Willey Publishing.

Dzambazova, T., E. Krygiel, G. Demchak 2010. *Mastering Revit Architecture 2011.*: Willey Publishing.

Dzambazova, T., E. Krygiel, G. Demchak 2009. *Introducing Revit Architecture 2010: BIM for Beginners.*: Willey Publishing.

Good, K. 2010. *Discover Smart BIM: An Interactive Guide to ArchiCAD.*: AuthorHouse.

MacKenzie, S., S. Gilbert, G. M. Langdon, D. Byrnes, R. Grabowski 2009. *ArchiCAD for AutoCAD Users.*: Graphisoft.

Martens, B., P. H. 2004. *ArchiCAD Best Practice: The Virtual Building Revealed.*: SpringerWien NewYork.

Nicholson-Cole, D. 2000. *Object Making with ArchiCAD: GDL for Beginners.*: Graphisoft.

Sulbaran, T., M. Shiratuddin, S. Germany 2010. *Introduction to ArchiCAD: A BIM Application.*: Delmar Cengage Learning.

Wilk, E. 2007. *ArchiCAD: From CAD to Quantity Survey.*: FC-CADlink.

8.2.8 MATERIAL D'APRENENTATGE ON-LINE

Anonuevo, M. 2010. *Creating Complex Family Shapes in Revit: Part-1.* http://clubrevit.com/?p=833.

Autodesk 2010. *Revit Server Installation Guide.* http://wikihelp.autodesk.com/Product_Help/Revit_Architecture/Revit_Server_Installation_Guide

Autodesk 2010. *Revit Conceptual Energy Analysis.* http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/item?siteID=123112&id=15400801&linkID=9243097

Autodesk 2010. *Revit Express Workshops.* http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/index?siteID=123112&id=13080310&linkID=9243097

Autodesk 2010*. Revit Families Guide.* http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/item?siteID=123112&id=13376394

Autodesk 2010. *Revit User's Guide.* http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/item?siteID=123112&id=14997002 http://images.autodesk.com/adsk/files/revit_architecture_2011_user_guide_en.pdf

Autodesk 2010. *Revit Help.* http://docs.autodesk.com/REVIT/2011/ENU/landing.html

Autodesk 2010. *Autodesk Revit Architecture 2011 Video Tutorials.* http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/item?siteID=123112&id=14844953&linkID=9243097

Autodesk 2010. *Autodesk Revit Architecture 2010 Tutorials.* http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/pc/index?siteID=123112&id=14248298

Autodesk 2010. *Autodesk BIM for Structural Engineering 2011 Curriculum.* http://students.autodesk.com/ama/orig/structural_eng_2011/Start.htm

Autodesk 2010. *Autodesk Conceptual Design 2011 Curriculum.* http://students.autodesk.com/ama/orig/conceptual_design_2011/Start.htm

Autodesk 2010. *Autodesk Revit Architecture 2011 English Tutorials.* http://students.autodesk.com/?nd=revit2011_english

Autodesk 2009. *Autodesk Sustainability: Design 2009 Curriculum.* https://students.autodesk.com/?nd=content_box_layout_view&layout_id=137

Brumm, H., K. Poulos, R. Duell, J. Smith 2010. *Rotational Parameters in a Conceptual Mass Family.*

http://revitclinic.typepad.com/my_weblog/2010/10/rotational-parameters-in-a-conceptual-mass-family.html

Brumm, H., K. Poulos, R. Duell, J. Smith 2010. *Conceptual Mass Forms & Reference Lines.* http://revitclinic.typepad.com/my_weblog/2010/03/conceptual-mass-forms-reference-lines.html

Brumm, H., K. Poulos, R. Duell, J. Smith 2010. *10 Conceptual Mass Editing Tips.* http://revitclinic.typepad.com/my_weblog/2009/07/10-conceptual-mass-editing-tips.html

Brumm, H., K. Poulos, R. Duell, J. Smith 2010. *Revit 2010 Domed Conceptual Mass.* http://revitclinic.typepad.com/my_weblog/2009/06/revit-2010-domed-conceptual-mass.html

Brumm, H., K. Poulos, R. Duell, J. Smith 2010. *Can't Keep Elements Joined & Conceptual Mass Add Edge.* http://revitclinic.typepad.com/my_weblog/2010/03/cant-keep-elements-joined-conceptual-mass-add-edge.html.

Brumm, H., K. Poulos, R. Duell, J. Smith 2009. *Rotational Parameters and Face-Based Nested Families.* http://revitclinic.typepad.com/my_weblog/2009/05/rotational-parameters-and-facebased-nested-families.html

Cadimage 2010. *GDL Handbook.* http://www.cadimageworld.com/products/gdlhandbook

Cerdán, A. 2010. *BL130 - Vídeo-tutoriales para principiantes (en anglès).* http://www.acercas.com/index.php?option=com_content&view=article&id=393:rac2011tutoriales&catid=113:videotutoriales&Itemid=69

Cerdán, A. 2010. *BL091 - Ventajas de usar los productos Tools4Revit*. http://www.acercas.com/index.php?option=com_content&view=section&layout=blog&id=5&Itemid=71&limitstart=44

Cerdán, A. 2010. *BL127 - Tutoriales de modelado profesional de masas y renderizado.* http://www.acercas.com/index.php?option=com_content&view=article&id=390:videos2011&catid=113:videotutoriales&Itemid=69

Cerdán, A. 2009. *Colección de Vídeos sobre el nuevo Modelador de Masas de la Versión 2010.* http://www.acercas.com/index.php?option=com_content&view=article&id=241:bl036-coleccion-videos-modelador-masas-2010&catid=113:videotutoriales&Itemid=69

Digital Vision Automation 2010. New Users Guide. http://www.digitalvis.com/new-users-guide

Digital Vision Automation 2010. *Training Links.* http://www.digitalvis.com/training-links

Duarte, D. 2010. *In-place Cavity Walls.* http://revitbeginners.blogspot.com/2010/01/in-place-cavity-walls.html

Duarte, D. 2010. Revit 2010: *New Coordinates Icons.* http://revitbeginners.blogspot.com/2009/04/revit-2010-new-coordinates-icons.html

Duarte, D. 2010. *Instance Parameters: The Double Agent.* http://revitbeginners.blogspot.com/2009/07/instance-parameters-double-agent.html

Fano, D. 2010. *Revit Tutorials.*
http://designreform.net/category/tutorials/revit-tutorials

Fano, D. 2010*. Grasshopper Tutorials.*
http://designreform.net/category/tutorials/_tutorials-rhino

France, C. 2010. *Revit CAD Files Into Revit Projects: Key considerations.*
http://revitelemental.blogspot.com/2010/06/linking-cad-files-into-revit-projects.html

Graphisoft 2010. *Teamwork in ArchiCAD 13 and 14.*
http://www.archicadwiki.com/Teamwork

Graphisoft 2010. *ArchiCAD Wiki Frontpage.*
http://www.archicadwiki.com/FrontPage

Graphisoft 2010. *ArchiCAD Tutorials.*
http://www.archicadtutorials.com.au

Graphisoft 2010. *BIM Curriculum.*
http://www.graphisoft.com/education/curriculum

Graphisoft 2010. *ArchiCAD Collaboration Part 1 (ArchiCAD Teamwork).*
http://www.graphisoft.com/education/training_guides/#COL1

Graphisoft 2010. *ArchiCAD Collaboration Part 2 (Collaboration Techniques).*
http://www.graphisoft.com/education/training_guides/#COL2

Graphisoft 2010. *Experience BIM.*
http://www.graphisoft.com/education/training_guides/#BIM

Graphisoft 2010. *ArchiCAD Essentials.*
http://www.graphisoft.com/education/training_guides/#ESS

Graphisoft 2010. *Advanced Modeling.*
http://www.graphisoft.com/education/training_guides/#MOD

Graphisoft 2010. *Building Objects Creation.*
http://www.graphisoft.com/education/training_guides/#GDL

Graphisoft 2010. *Advanced Collaboration.*
http://www.graphisoft.com/education/training_guides/#COL

Ispiliotis, A. 2010. *ArchicadMonkey Tutorials.*
http://www.archicadmonkey.com/tutorials

Issa, R. 2010. *Essential Mathematics 2nd Edition.*
http://download.rhino3d.com/en/Rhino/4.0/EssentialMathematicsSecondEdition

Johnson, L. 2010. *Stretch instance parameter even using Weak Ref Planes.*
http://whatrevitwants.blogspot.com/2010/10/stretch-instance-parameter-even-using.html

Johnson, L. 2010. *Structure for Architects - Beam System Tips.*
http://whatrevitwants.blogspot.com/2010/06/structure-for-architects-beam-system.html

Khabazi, Z. M. 2010*. Generative Algorithms with Grasshopper.*
http://download.mcneel.com/s3/mcneel/grasshopper/1.0/docs/en/Generative%20Algorithms.pdf

Khabazi, Z. M. 2010. *Generative Algorithms with Grasshopper. Concept and Expetiments Weaving.* http://download.mcneel.com/s3/mcneel/grasshopper/1.0/docs/Generative%20Algorithms_CaE_Weaving.pdf

Kron, Z. 2010. *Adaptive Components: Making an Angle Bisector.* http://buildz.blogspot.com/2010/07/adaptive-components-making-angle.html?utm_source=feedburner&utm_medium=feed&utm_campaign=Feed%3A+buildz+%28buildz%29.

Kron, Z. 2010. *Look Ma, no API. Making a Sun Tracer.* http://buildz.blogspot.com/2010/08/look-ma-no-api-making-sun-tracker.html

Kron, Z. 2010. *Bouncing and Behavin' Building Volumes.* http://buildz.blogspot.com/2010/06/bouncin-and-behavin-building-volumes.html

Kron, Z. 2010. *Form Finding with Solar Radiation Analysis.* http://buildz.blogspot.com/2010_05_01_archive.html

Kron, Z. 2010. *Image du jour: Gradient Star*. http://buildz.blogspot.com/2010/08/image-du-jour-gradient-star.html

Kron, Z. 2010. *Making Revit Forms From Image Files in 9 EZ Steps.* http://buildz.blogspot.com/2010/08/making-revit-forms-from-image-files-in.html

Kron, Z. 2009. *Making the Dinosaur Bone.* *http://buildz.blogspot.com/2010/09/making-dinosaur-*bone.html?utm_source=feedburner&utm_medium=feed&utm_campaign=Feed%3A+buildz+%28buildz%29

Kron, Z. 2009. *API Yi, Yi.* http://buildz.blogspot.com/2009_05_01_archive.html

LearnVirtual 2010. *LearnVirtual: The Education Center for AEC Professionals.* http://www.learnvirtual.com

Leão, P. 2007. *Modelação de terrenos.* http://architruques.blogspot.com/2008/09/modelao-de-terrenos.html

Leão, P. 2007. *A Magia das Zonas.* http://architruques.blogspot.com/2007/05/magia-das-zonas.html

LIFT Architects 2010. *The Grasshopper Primer.* http://www.liftarchitects.com/downloads

LIFT Architects 2010. *Waffle Structural System.* http://www.liftarchitects.com/downloads

LIFT Architects 2010. *Suspended Ceiling Tutorial.* http://www.liftarchitects.com/downloads

Light, D. 2010. *Back to Basics – Conceptual Masses in Revit 2011.* http://autodesk-revit.blogspot.com/2010/09/back-to-basics-conceptual-masses-in.html

Light, D. 2010. *Creating a helix using Adaptive components in Revit 2011.* http://autodesk-revit.blogspot.com/2010/07/creating-helix-using-adaptive.html.

Light, D. 2010. *Understanding Hosted points in Revit Architecture 2010.*
http://hokbimsolutions.blogspot.com/2009_07_01_archive.html

Light, D. 2010. *Revit 2011 – sketch on non planar surface.*
http://autodesk-revit.blogspot.com/2010/10/revit-2011-sketch-on-non-planar-surface.html

Light, D. 2010. *Shared coordinates, true north, project north.*
http://autodesk-revit.blogspot.com/2007/09/shared-coordinates-true-north-project.html

McCarthy, P. 2010. *06 Project- Revit file and remaining videos for download.*
http://revit-detail.blogspot.com/2010/10/06-project-revit-file-and-remaining.html

McCarthy, P. 2010. *04.1 - Curved Roof Detail - Analysis.*
http://revit-detail.blogspot.com/2010/04/041-curved-roof-detail-analysis.html

McCarthy, P. 2010. *05.1 - Concrete Cast insitu Element- Analysis.*
http://revit-detail.blogspot.com/2010/04/051-concrete-cast-insitu-element.html

McCarthy, P. 2010. *01.x Full height glass partitions Tutorials.*
http://revit-detail.blogspot.com/2010_01_01_archive.html

Mitchell, J. 2010. *Creating Large Building Models.*
http://www.graphisoft.com/ftp/pdf/CreatingDatabases_Final.pdf

Sanderson, S. 2010. *Catia/Digital Project Tutorials.*
http://designreform.net/category/tutorials/digital-project-tutorials

Sanderson, S. 2010. *Inventor Project Tutorials*.
http://designreform.net/category/tutorials/autodesk-inventor-tutorials

Savana3D, Rhino Visual Tips, Rhino3D TV 2010. *Grasshopper Visual Introduction.*
http://web.mac.com/rhino3dtv/GH/GH.html

Senior, C. 2010. *Convert Central Files Back to Single User Files.*
http://revitelemental.blogspot.com/2010/05/convert-revit-central-files-back-to.html

Senior, C. 2010. *How to Create a Mass Revolve in Revit 2010 and 2011.*
http://revitelemental.blogspot.com/2010/07/how-to-create-revolve-in-revit-2010-or.html

Stafford, S. 2010. *IsReference Setting - Weak and Strong.*
http://revitoped.blogspot.com/2010/10/isreference-setting-weak-and-strong.html

Various 2010. *Autodesk AUGI forum.*
http://forums.augi.com.

Revit Zone. 2009. *Creating a parametric rafter.*
http://www.revitzone.com/family-creation/107-creating-a-parametric-rafter

8.2.9 REFERÈNCIES ELECTRÒNIQUES

Abler, F. 2006. *Expressive 3D Components for Building Simulation and BIM.*
http://www.aecbytes.com/viewpoint/2006/issue_25.html

AecMagazime 2010. *Dassault Systemes takes aim.*
http://aecmag.com/index.php?option=com_content&task=view&id=153&Itemid=37.

Aragon, P. 2006. *Reinventing Collaboration across Internal and External Project Teams.*
http://www.aecbytes.com/viewpoint/2006/issue_28.html

Architects, E. 2010. *Keynote Manager.*
http://www.emc2architects.com/revit_tools.html

Arnold, J. A. 2007. *Tectonic Vision and Products.*
http://www.tectonicbim.com

Artra 2010. *Artra Desktop.*
http://www.artrainc.com

Autodesk 2010. *AUGI/AEC Edge.*
http://www.augiaecedge.com.

Autodesk 2009. *Revit Model Style Guide 2.1.*
http://style.guides.s3.amazonaws.com/Revit_Model_Style_Guide_v2.zip

Autodesk 2008. *BIM and Visualitzation.*
http://images.autodesk.com/adsk/files/revit_bim_and_visualization_mar08.pdf

Autodesk 2008. *BIM and Digital Fabrication.*
http://images.autodesk.com/adsk/files/revit_bim_and_digital_fabrication_mar08.pdf

Autodesk 2008. *BIM and API Exptension.*
http://images.autodesk.com/adsk/files/revit_bim_and_api_extensions_mar08.pdf

Autodesk 2008. *Building Information Modeling for Sustainable Design.*
http://images.autodesk.com/adsk/files/bim_for_sustainable_design_oct08.pdf

Autodesk 2007. *BIM Concept to Completion.*
http://images.autodesk.com/adsk/files/bim_concept-to-completion.pdf

Autodesk 2007. *BIM - Small, Medium… Extra, Large!.*
http://images.autodesk.com/adsk/files/bim_worksharing_jan07_1_.pdf

Autodesk 2007. *Introducing BIM into a Small-Firm Work Enviroment.*
http://images.autodesk.com/adsk/files/bim_for_small_firms_feb07_1_.pdf

Autodesk 2007. *Transitioning to BIM.*
http://images.autodesk.com/adsk/files/transitioning-to-bim_jan07_1_.pdf

Autodesk 2007. *BIM for Interior Design.*
http://images.autodesk.com/adsk/files/bim_for_interior_design_jan07_1_.pdf

Autodesk 2007. *BIM and Project Planning.*
http://images.autodesk.com/adsk/files/bim_project_planning_feb07_1_.pdf

Autodesk 2007. *BIM and Cost Estimating.*
http://images.autodesk.com/adsk/files/bim_cost_estimating_jan07_1_.pdf

Autodesk 2007. *Return on Investment with Autodesk Revit.*
http://images.autodesk.com/adsk/files/4301694_Revit_ROI_Calculator.zip

Autodesk 2007. *Parametric Building Modeling: BIM's Foundation.*
http://images.autodesk.com/adsk/files/bim_parametric_building_modeling_jan07_1_.pdf

Autodesk 2006. *BIM and Facilities Management.*
http://fmdesktop.net/bim_and_facilities.pdf

Autodesk Labs 2009. *Create 3D prints of Autodesk Revit models.*
http://labs.autodesk.com/utilities/revit_stl

Autodesk Labs 2009. *Analyze the effects of solar radiation on various surfaces of your conceptual building model.*
http://labs.autodesk.com/utilities/ecotect

Autodesk, I. 2008. *Results through Integrated Project Delivery and Building Information Modeling.* http://images.autodesk.com/adsk/files/bim_and_ipd_whitepaper.pdf

Autodesk, I. 2007. *BIM's Return on Investment.*
http://images.autodesk.com/adsk/files/bim_roi_jan07_1_.pdf

Bachelder, D. 2010. *Driving Construction Project Success through Neutral, Trust-Based Collaboration.*
http://www.aecbytes.com/viewpoint/2010/issue_55.html

Balding, J. J. 2009. *Incorporating Innovative and Immersive Technologies: Changing the Art of Design.*
http://www.aecbytes.com/buildingthefuture/2009/InnovativeTechnologies.html

Ballard, G. 1999. *Improving Work Flow Reliability.*
http://www.ce.berkeley.edu/~tommelein/IGLC-7/PDF/Ballard.pdf

Ballesty, S. 2007. *Adopting BIM for facilities management.*
http://www.construction-innovation.info/images/CRC_Dig_Model_Book_20070402_v2.pdf

Ballesty, S. 2007. *FM as a Bussines Enabler.*
http://www.construction-innovation.info/images/pdfs/PublicPublication/CRC%20FM%20Report%20Feb07.pdf

Becerik-Gerber, B., S. Rice 2010. *The Perceived Value of Building Information Modeling In The U.S. Building Industry.*
http://www.itcon.org/data/works/att/2010_15.content.02423.pdf

Becerik-Gerber, B., S. Rice 2009. *The Value of Building Information Modeling: Can We Measure the ROI of BIM?.*
http://www.aecbytes.com/viewpoint/2009/issue_47.html

Bedrick, J. 2008. *Organizing the Development of a Building Information Model*.
http://www.aecbytes.com/feature/2008/MPSforBIM.html

Bedrick, J. 2005. *BIM and Process Improvement.*
http://www.aecbytes.com/viewpoint/2005/issue_20.html

Bernstein, H. M., H. M. Bernstein, J. E. Gudgel 2010. *The Business Value of BIM in Europe*.
http://images.autodesk.com/adsk/files/business_value_of_bim_in_europe_smr_final.pdf

Bernstein, P. G. 2004. Going Further: *Process Evolution in the Building Industry.*
http://www.aecbytes.com/viewpoint/2004/issue_2.html

Bernstein, P. G., J. H. Pittman 2004. *Barriers to the Adoption of the Building Information Modeling in the Building Industry.*
http://images.autodesk.com/adsk/files/bim_barriers_wp_mar05.pdf

Bhatt, J. 2006. *The BIM Difference*.
http://www.aecbytes.com/viewpoint/2006/issue_23.html.

Birx, G. W. 2007. *BIM Evokes Revolutionary Changes to Architecture Practice at Ayers/Saint/Gross.*
http://www.aia.org/aiarchitect/thisweek05/tw1209/tw1209changeisnow.cfm

BLIS 2007. *Building Lifecycle Interoperable Software.*
http://www.blis-project.org/index2.html

Boryslawski, M. 2006. *Building Owners Driving BIM: The Letterman Digital Arts Center Story.*
http://www.aecbytes.com/buildingthefuture/2006/LDAC_story.html

Boutwell, S. 2008*. Adoption of Green Technologies in the Buildings/Facilities Sector: A Market Perspective.*
http://www.aecbytes.com/viewpoint/2008/issue_39.html

Bozdoc, M. 2007. *The History of CAD.*
http://mbinfo.mbdesign.net/CAD-History.htm

Brewster, M. 2010. *From Sketch to BIM and Back Again Using SketchBook Pro and ArchiCAD.*
http://www.aecbytes.com/tipsandtricks/2010/issue49-archicad.html

BuildingSMART 2010. Why BuildingSMART?. http://buildingsmart.org.au/why-buildingSMART

BuildingSMART 2010. How BuildingSMART?. http://buildingsmart.org.au/how-buildingSMART

BuildingSMART 2010. Model - Industry Foundation Classes (IFC).
http://www.buildingsmart.com/bim

California Instute of Techology 1997. *Boeing 777: 100% digitally designed using 3D solids technology.*
http://www.cds.caltech.edu/conferences/1997/vecs/tutorial/Examples/Cases/777.htm

Campbell, D. A. 2006. *Modeling Rules*.
http://www.architectureweek.com/2006/1011/tools_1-1.html

CASE Design, I. 2009. *Conceptual Design Modeling in Autodesk Revit Architecture 2010*.
http://images.autodesk.com/adsk/files/revitarch10_whitepaper_conceptual_design_modeling.pdf

Cheng, R. 2006. *Questioning the Role of BIM in Architectural Education.*
http://www.aecbytes.com/viewpoint/2006/issue_26.html

CIFE, CURT 2007. *VDC/BIM Value survey result.*
http://cife.stanford.edu/VDCSurvey.pdf

Cirbes, S. 2010. *Type versus Instance Parameters in Revit: When to Use What?.*
http://www.aecbytes.com/tipsandtricks/2010/issue49-revit.html

CIS/2 2007. *CIMSTEEL Integration Standards.*
http://www.cis2.org

Comunity, A. D. 2007. *DWF: The Best File Format for Published Design.*
http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/item?siteID=123112&id=8675679

CORENET 2007. *Integrated Plan Checking Systems.*
http://www.corenet.gov.sg

Corke, G. 2009. *BIM for fabrication.*
http://aecmag.com/index.php?option=com_content&task=view&id=278&Itemid=37

Corke, G. 2007. *Nemetschek embraces BIM.*
http://aecmag.com/index.php?option=com_content&task=view&id=188&Itemid=36

Corke, G. 2007*. Revit Structure 2008*.
http://aecmag.com/index.php?option=com_content&task=view&id=174&Itemid=32

CSIRO 2007. *Building & Construction.*
http://www.csiro.au/science/ps2oz.html

Dakan, M. 2006. *GSA's BIM Pilot Program Shows Success.*
http://aec.cadalyst.com/aec/article/articleDetail.jsp?id=359335

Day, M. 2009. *Introducing Bonzai3D.*
http://aecmag.com/index.php?option=com_content&task=view&id=323&Itemid=32

Day, M. 2008. *Green buildings with Ecotect.*
http://aecmag.com/index.php?option=com_content&task=view&id=215&Itemid=32

Day, M. 2007. *Autodesk World Press Day.*
http://www.aecmag.com/index.php?option=content&task=view&id=163

Day, M. 2006. *Interview: Huw Roberts, Bentley.*
http://aecmag.com/index.php?option=content&task=view&id=140

Day, M. 2002. *Intelligent Architectural Modeling.*
http://www.caddigest.com/subjects/aec/select/Intelligent_modeling_day.htm

Deutsch, R. 2010. *Notes on the Synthesis of BIM.*
http://www.aecbytes.com/viewpoint/2010/issue_51.html

DHUB 2010. *Programa de Laboratori de Fabricació.*
http://urbano.www.dhub-bcn.cat/node/109

Dickens, L. M. 2010. 21 *Building Systems: Toward a Rational Taxonomy in Architecture.*
http://www.aecbytes.com/viewpoint/2010/issue_50.html

Digital Building Solutions 2010. *BIM Highway Content Manager*.
http://www.digitalbuildingsolutions.com/index2.html

Digital Vision Automation 2004. *AutoCAD/ArchiCAD Cross-training.*
http://www.digitalvis.com/pdfs/support/tipstricks/Cross%20Training.pdf

Dillon, M. 2006. *My Position on "Revit vs. ADT".*
http://modocrmadt.blogspot.com/2006/04/my-position-on-revit-vs-adt.html

Douglas, A. 2010. *Collaborating in the New AEC World.*
http://www.aecbytes.com/viewpoint/2010/issue_52.html

Dunston, P. S., P. S. Dunston, J. D. McGlothlin 2007. *An Immersive Virtual Reality Mock-up for Design Review of Hospital Patient Rooms.*
http://www.engr.psu.edu/convr/proceedings/papers/01_Dunston_submission_45.pdf

Eastman, C. 2009. *What is BIM?.*
http://bim.arch.gatech.edu/?id=402.

Eastman, C., Y.-S. Yeong, R. Sacks, I. Kaner 2010. *Development of National BIM Standard: Use Cases for Architectural Precas.*
http://dcom.arch.gatech.edu/pcibim/documents/DEVELOPMENT_OF_NATIONAL_BIM_STANDARD.pdf

Eric Lamb, D. R., A. Khanzode 2009. *Transcending the BIM Hype: How to Make Sense and Dollars from Building Information Modeling.*
http://www.aecbytes.com/viewpoint/2009/issue_48.html.

Factory, R. 2010. *BIM UK Satnadards.*
http://revitfactory.com

FIATECH 2007. *aecXML.*
http://www.fiatech.org/projects/idim/aecxml.htm

Fischer, J. K. &. M. 2009. *Virtual Design and Construction: Themes, Case Studies and Implementation Suggestions.*
http://cife.stanford.edu/online.publications/WP097.pdf

FMI/CMAA 2005. *FMI/CMAA 6th Annual Survey of Owners.*
http://cmaanet.org/user_images/owners_survey_6.pdf

Folkestad, J. E., D. Sandlin 2007. *Digital construction: Utilizing three dimensional (3D) computer models to improve constructability*.
www.cm.cahs.colostate.edu/Faculty_and_Staff/folkestad/PDF/Folkestad%20&%20Sandlin%20IEMS% 202005.pdf

Forester, J., A. Howell 2005. *A Different Approach to Using IFCs to Facilitate Interoperability in the Building Industry.*
http://www.aecbytes.com/viewpoint/2005/issue_15.html

France, C. 2010. *BIM and the Cloud*.
http://www.aecbytes.com/feature/2010/BIM_Cloud.html

Frausto-Robledo, A. 2010. *In-Depth with ArchiCAD 14 – Graphisoft talks to Architosh.*
http://architosh.com/2010/05/in-depth-with-archicad-14-graphisoft-talks-to-architosh

Frausto-Robledo, A. 2010. *Vectorworks 2011 – A Preview in Boston.*
http://architosh.com/2010/09/vectorworks-2011-a-preview-in-boston

Frausto-Robledo, A. 2009. *In-Depth: Looking at ArchiCAD 13 with Delta Server Technology.*
http://architosh.com/2009/09/in-depth-looking-at-archicad-13-with-bim-server

Gallaher, M. P., A. C. O'Connor, J. L. Dettbarn, L. T. Gilday 2004. *Cost Analysis of Inadequate Interoperability in the U.S. Capital Facilities Industry.*
http://fire.nist.gov/bfrlpubs/build04/PDF/b04022.pdf

Gallello, D. 2008. *The New "Must Have"—The BIM Manager.*
http://www.aecbytes.com/viewpoint/2008/issue_34.html

Gallello, D. 2006. *The Shape of Things to Come.*
http://www.aecbytes.com/viewpoint/2006/issue_24.html

Gallello, D. 2004. *A Darwinian Shake-out in the Building Industry.*
http://www.aecbytes.com/viewpoint/2004/issue_1.html

Geertsema, C., J. G. E. Gibson, D. Ryan-Rose 2003. *Emerging Trends of the Owner-Contractor Relationship for Capital Facility Projects from the Contractor's Perspective.*
http://www.ce.utexas.edu/rg/ccis/a_ccis_report_32.pdf

Gennaccaro, F. P. 2010. *Constructing BIM Education in the 21st Century.*
http://architosh.com/2009/03/viewpoint-constructing-bim-education-in-the-21st-century

Georgia Tech-College of Architecture 2010. *Building Information Modeling (BIM) for Precast Concrete. Part A: Rosewod Experiment. Goals, Methods, Execution and Results.*
http://dcom.arch.gatech.edu/pcibim/documents/bim4pc_Part_A_-_Rosewood_Experiment.pdf

Georgia Tech-College of Architecture 2010. *Building Information Modeling (BIM) for Precast Concrete. Part B: Data Interoperability Benchmark Test.*
http://dcom.arch.gatech.edu/pcibim/documents/bim4pc_Part_B_-_Benchmark_Test.pdf

Georgia Tech-College of Architecture 2010. *Building Information Modeling (BIM) for Precast Concrete. Part C: Information Delivery Manual for Architectural Precast.*
http://dcom.arch.gatech.edu/pcibim/documents/bim4pc_Part_C_-Information_Delivery_Manual.pdf

Georgia Tech-College of Architecture 2007. *GSA Project - BIM Enabled Design Guide Automation.*
http://dcom.arch.gatech.edu/gsa

Gheorghiu, R., Hooke, GoroVT 2010. *Presentación y comentario sobre Revit Structure.*
http://www.a3d.es/forum/viewtopic.php?t=1642&sid=43edb4514638052742c5304cf7af4eac

Goldstein, H. 2001. *4D: Science Fiction or Virtually Reality?.*
http://www.bal4.com/news/2001-04-16-construction.pdf

Gonchar, J. 2007. *To architects, building information modeling is still primarily a visualization tool.*
http://archrecord.construction.com/features/digital/archives/0607dignews-2.asp

Green Building Studio 2007. *Green Building XML Schema.*
http://www.gbxml.org/index.htm.

Green Building Studio 2004. *AEC Design Practice Survey Identifies Opportunities to Accelerate 3D-CAD/BIM Adoption and Green Building Design.*
http://www.greenbuildingstudio.com/gbsinc/pressrelease.aspx?id=24

Green, R. 2010. *Autodesk Inventor 2011.*
http://www.cadalyst.com/cad/inventor/autodesk-inventor-2011-13508?page_id=1

Green, R. 2010. *Peer-to-Peer Training.*
http://www.cadalyst.com/management/peer-peer-training-13469

Green, R. 2010. *Your New CAD Management Plan.*
http://www.cadalyst.com/management/your-new-cad-management-plan-13468

Green, R. 2005. *Software strategy: BIM comparison: how does BIM software stack up with the 3D model concept?.*
http://aec.cadalyst.com/aec/article/article Detail.jsp?id=133495

Gregoire, D. 2010. *REVIT has Totally Changed my Deliverable.*
http://revitrocks.blogspot.com/2010/05/revit-has-totally-changed-my.html

Grohoski, C. 2006*. Virtual Reality Isn't Just For Gamers Anymore.*
http://www.webwire.com/ ViewPressRel.asp?aId=15849

GSA 2007. *GSA Performance-Based Acquisition*.
www.gsa.gov/Portal/gsa/ep/channelView.do?pageTypeId=8203&channelPage=%252Fep%252Fchannel%252FgsaOverview.jsp&channelId=13077.

GSA 2006. *3D-4D Building Information Modeling.*
http://www.gsa.gov/bim

Guttman, M. 2005. *buildingSMART (get over it).*
http://www.aecbytes.com/viewpoint/2005/issue_17.html

Haymaker, J., M. Fischer 2007. *Challenges and Benefits of 4D Modeling on the Walt Disney Concert Hall Project.*
http://cife.stanford.edu/online.publications/WP064.pdf

Heinz, T. A. 2007. *Passion with Confidence.*
http://www.apixcc.com/AC11_8_apix_Web.pdf

Hendrickson, C. 2003. *Project Management for Construction: Fundamental Concepts for Owners, Engineers, Architects and Builders Version 2.1.*
http://www.ce.cmu.edu/pmbook

Henley, R. 2007. *Five steps to better project delivery.*
http://aecmag.com/index.php?option=com_content&task=view&id=156&Itemid=36&limit=1&limitstart=0

Hobaux, P. 2005. *The SABLE Project: Towards Unification of IFC based Product Model Servers.*
http://www.iai.no/2005_buildingSMART_oslo/Session%2007/SABLE_ImplementerWS.pdf

Howell, G. A. 1999. *What Is Lean Construction?.*
http://www.ce.berkeley.edu/~tommelein/IGLC-7/PDF/Howell.pdf

Institute, L. C. 2010. *Readings in Lean Construction.*
http://www.leanconstruction.org/readings.htm

Jamieson, R. 2007. *When do we adopt new technology?.*
http://aecmag.com/index.php?option=com_content&task=view&id=153&Itemid=37

Katz, N. C. 2007. *Parametric Modeling in AutoCAD.*
http://www.aecbytes.com/viewpoint/2007/issue_32.html

Khemlani, L. 2010. *Revit's New Server and Conceptual Energy Analysis Capabilities.*
http://www.aecbytes.com/buildingthefuture/2010/RevitServer_CEA.html

Khemlani, L. 2010. *ArchiCAD 14.*
http://www.aecbytes.com/review/2010/ArchiCAD14.html

Khemlani, L. 2010. *Tekla Structures 16.*
http://www.aecbytes.com/review/2010/TeklaStructures16.html

Khemlani, L. 2010. *Scia Engineer.*
http://www.aecbytes.com/review/2010/SciaEngineer.html

Khemlani, L. 2010. *Trelligence Affinity: Extending BIM to Space Programming and Planning*.
http://www.aecbytes.com/buildingthefuture/2010/TrelligenceAffinity.html

Khemlani, L. 2009. *Sutter Medical Center Castro Valley: Case Study of an IPD Project*.
http://www.aecbytes.com/buildingthefuture/2009/Sutter_IPDCaseStudy.html

Khemlani, L. 2009. *Collaboration, Project Management, and Project Information Management Solutions in AEC.*
http://www.aecbytes.com/feature/2009/Collaboration_PM_PIM_Solutions.html

Khemlani, L. 2009. *Sustainable Design Tools Exhibited at AIA 2009.*
http://www.aecbytes.com/feature/2009/AIA2009_EnergyApps.html

Khemlani, L. 2009. *SmartGeometry 2009 Conference Day.*
http://www.aecbytes.com/feature/2009/SmartGeometry2009.html

Khemlani, L. 2009. *ArchiCAD 13.*
http://www.aecbytes.com/review/2009/ArchiCAD13.html

Khemlani, L. 2009. *Bentley Architecture V8i.*
http://www.aecbytes.com/review/2009/BentleyArchV8i.html

Khemlani, L. 2009. *Solibri Model Checker.*
http://www.aecbytes.com/review/2009/SolibriModelChecker.html

Khemlani, L. 2008. *Autodesk and Bentley's Unprecedented Interoperability Agreement.*
http://www.aecbytes.com/buildingthefuture/2008/AutodeskBentleyAgreement.html

Khemlani, L. 2008. *Technology Adoption and Implementation at HOK.*
http://www.aecbytes.com/feature/2008/HOK_CaseStudy.html

Khemlani, L. 2008. *Autodesk NavisWorks 2009.*
http://www.aecbytes.com/review/2008/NavisWorks2009.html

Khemlani, L. 2008. *Revit Structure 2008.*
http://www.aecbytes.com/review/2007/RevitStructure2008.html

Khemlani, L. 2008. *Allplan BIM 2008 Architecture.*
http://www.aecbytes.com/review/2008/AllplanBIMArch.html

Khemlani, L. 2007. *Bentley's "BIM for Green Buildings" Executive Summit.*
http://www.aecbytes.com/buildingthefuture/2007/BentleyBIMSummit.html

Khemlani, L. 2006. *Visual Estimating: Extending BIM to Construction.*
http://www.aecbytes.com/buildingthefuture/2006/VisualEstimating.html

Khemlani, L. 2006. *AIA CBSP Symposium on BIM for Building Envelope Design and Performance.*
http:// www.aecbytes.com/buildingthefuture/2006/AIA-CBSP_BIM.html

Khemlani, L. 2006. *Use of BIM by Facility Owners: An "Expositions" Meeting.*
http://www.aecbytes.com/buildingthefuture/2006/Expotitions_meeting.html

Khemlani, L. 2006. *2006 2nd Annual BIM Awards Part 1.*
http://www.aecbytes.com/buildingthefuture/2006/BIM_Awards.html

Khemlani, L. 2005. *Prefabrication of Timber Buildings based on Digital Models: A Perspective from Norway.*
http://www.aecbytes.com/feature/2005/Norway_prefab.html

Khemlani, L. 2005. *Multi-Disciplinary BIM at Work at GHAFARI Associates.*
http://www.aecbytes.com/feature/2005/Ghafari_study.html

Khemlani, L. 2005. *CORENET e-PlanCheck: Singapore's Automated Code Checking System.*
http://www.aecbytes.com/buildingthefuture/2005/CORENETePlanCheck.html

Khemlani, L. 2004. *The IFC Building Model: A Look Under the Hood.*
http://www.aecbytes.com/feature/2004/IFCmodel.html

Khemlani, L. 2004. *Autodesk Revit: Implementation in Practice.*
http://www.ideateinc.com/whitepapers/bim/Revit%20Implementation.pdf

Koch, D. 2009. *AutoCAD Architecture 2009.*
http://architects-desktop.blogspot.com/2008/02/autocad-architecture-2009-part-1.html

Koskela, L. 1992. *Application of the New Production Philosophy to Construction.*
http://cife.stanford.edu/online.publications/TR072.pdf

Laiserin, J. 2008. *Comparing Pommes and Naranjas.*
http://www.laiserin.com/features/issue15/feature01.php

Lerner, N. 2007. *Beyond 3D.*
http://www.aecmag.com/index.php?option=com_content&task=view&id=192&Itemid=37&limit=1&limitstart=0

Letourneau, L. 2008. *Successful IT and Software Adoption in an A/E Firm.*
http://www.aecbytes.com/viewpoint/2008/issue_42.html

LIFT Architects 2010*. Using a Wii Nunchuck to Control Grasshopper.*
http://www.liftarchitects.com/journal/2009/9/8/using-a-wii-nunchuck-to-control-grasshopper.html

Light, D. 2010. *Hok BIM Solutions blog.*
http://hokbimsolutions.blogspot.com

Lighthart, B. 2010. *BIM from Thirty Thousand Feet.*
http://www.aecbytes.com/viewpoint/2010/issue_56.html

Locking, 2011. P. 2010. *2011 Parameter Locking.*
http://forums.autodesk.com/t5/Autodesk-Revit-Architecture/2011-Parameter-Locking/td-p/2748170

Maplab 2010. *Mental Ray Materials Repository.*
http://mrmaterials.com

McDuffie, T. 2007. *BIM: Transforming a Traditional Practice Model into a Technology-Enabled Integrated Practice Model.*
http://www.aia.org/nwsltr_pa.cfm?pagename=pa_a_200610_bim

McGraw-Hill Construction 2010. *Green BIM. How Building Information Modeling is Contributing to Green Design and Construction.*
http://images.autodesk.com/adsk/files/mhc_green_bim_smartmarket_report_%282010%29.pdf

Mclean, D. 2010. *Performance Analysis Technology and Radical Design Change for Carbon Neutrality.*
http://www.aecbytes.com/viewpoint/2010/issue_54.html

Munroe, C. 2007. *Construction Cost Estimating*.
http://www.aspenational.com/CONSTRUCTION%20Cos%20ESTIMATING.pdf

Napier, B., K. J. Connolly, F. Jernigan 2009*. Building Information Modeling. A report on the current state of BIM technologies and recommendations for implementation.*
ftp://doaftp04.doa.state.wi.us/master_spec/DSF%20BIM%20Guidelines%20&%20Standards/BIM%20Findings%20and%20Recommendations%20Report.pdf

Núñez, A., F. Buill, F. Muñoz 2007. *Comportamiento de un Sensor Láser Escáner.*
http://upcommons.upc.edu/e-prints/bitstream/2117/646/1/articulo.pdf

Objects Online 2010. *Objects Online BEM Repository.*
http://www.objectsonline.com

Omniclass 2010. *Omniclass: A Strategy for Classifying the Built Environment.*
http://www.omniclass.org

Onuma 2010. *Onuma BIM tubes.*
http://onuma.com/products/BimTube.php

Onuma 2010*. Onuma Web Server Product.*
http://onuma.com/products/BimDataApi.php

Onuma, K. G., D. Davis 2010. *Integrated Facility Planning using BIM Web Portals.*
http://onuma.com/BIM/FFC_BIM_Portals_Onuma.pdf

Parch 2005. *Revit vs ArchiCAD.*
http://www.parch.com/images/pdfs/revit_v_archicad.pdf

Peterson, M., S. Baadkar 2008. *The Workflow Between Revit Architecture and Autodesk Inventor.*
http://www.aecbytes.com/tipsandtricks/2008/issue35-revit_inventor.html

Planning, B. for Training 2010. *Planning and Budgeting for Training.*
http://clubrevit.com/?p=972

Post, N. M. 2002. *Movie of Job that Defies Description Is Worth More Than A Million Words.*
http://enr.construction.com/features/buildings/archives/020408.asp

Real, L. 2010*. Revit Structure - Interferencia de Armaduras.*
http://lucreciareal.blogspot.com/2010/05/revit-structure-interferencia-de.html

Roberts, H. W. 2004. *The Importance of Parametrics in Building Information Modeling.*
http://www.aecbytes.com/viewpoint/2004/issue_5.html

Rocha, L. M. 2004. *BIM, Change, and Leadership—A Call to Arms.*
http://www.aecbytes.com/viewpoint/2004/issue_6.html

Roe, A. 2002. *Building Digitally Provides Schedule, Cost Efficiencies: 4D CAD is Expensive but Becomes More Widely Available.*
http://enr.construction.com/features/technologyeconst/archives/020225b.asp

Rundell, R. 2007. *How can BIM benefit facilities management?.*
http://www.cadalyst.com/cad/building-design/1-2-3-revit-bim-and-fm-3432

Rundell, R. 2007. *How the IFC is being used to facilitate data exchange for U.S. federal government projects.*
http://www.cadalyst.com/cad/building-design/bim-and-us-gsa-1-2-3-revit-tutorial-3480.

Sacks, R., R. Barak 2006. *Quantitative Assessment of The Impact of 3D Modelling of Building Structures on Engineering Productivity.*
http://bim.technion.ac.il/ICCCBE%202006%20-%20QUANTITATIVE%20ASSESSMENT%20OF%20THE%20IMPACT%20OF%203D%20MODELING.pdf

Sacks, R., C. Eastman, G. Lee, D. Orndoff 2010. *A Target Benchmark of the Impact of Three-dimensional Parametric Modeling in Pre-cast Construction.*
http://dcom.arch.gatech.edu/pcibim/documents/sacks-eastman-lee-orndorff.pdf

Sawyer, T., T. Grogan 2002. *Finding The Bottom Line Gets A Gradual Lift From Technology.*
http://enr.construction.com/features/bizlabor/archives/020812a.asp

Sciences, N. I. O. B. 2007. *National BIM Standard.*
http://www.wbdg.org/pdfs/NBIMSv1_p1.pdf

Seletsky, P. 2008. *The Digital Design Ecosystem: Toward a Pre-Rational Architecture.*
http://www.aecbytes.com/viewpoint/2008/issue_37.html

Seletsky, P. 2006. *Questioning the Role of BIM in Architectural Education: A Counter-Viewpoint.*
http://www.aecbytes.com/viewpoint/2006/issue_27.html

Seletsky, P. 2005. *Digital Design and the Age of Building Simulation.*
http://www.aecbytes.com/viewpoint/2005/issue_19.html

Seletsky, P. 2004. *Goodbye CAD. Goodbye BIM. Hello PEN.*
http://www.aecbytes.com/viewpoint/2004/issue_3.html

Shah, R. 2009. *BIM Technology Adoption and Implementation at MAAP.*
http://www.aecbytes.com/feature/2009/MAAP_study.html

Stafford, S. 2010. *Data Embedded in Revit.*
http://revitoped.blogspot.com/2010/10/data-embedded-in-revit.html

Stebbins, J. 2007. *Successful BIM Implementation.*
http://www.digitalvis.com/pdfs/Successful_BIM_Implementation.pdf

Stephens, S. 2007. *Crowding the Marquee.*
http://archrecord.construction.com/practice/firmCulture/0701crowding-1.asp

Sullivan, C. C. 2007. *Integrated BIM and Design Review for Safer, Better Buildings: How Project Teams Using Collaborative Design Reduce Risk, Creating Better Health and Safety in Projects*.
http://construction.com/CE/articles/0706navis-1.asp

Tammik, J. 2010. *The Building Coder.*
http://thebuildingcoder.typepad.com/blog

Tardif, M. 2009. *Looking Beyond BIM to Business Information:The Role of agcXML in Streamlining Information Exchange.*
http://www.aecbytes.com/viewpoint/2009/issue_49.html

Teicholz, P. 2004. *Labor Productivity Declines in the Construction Industry: Causes and Remedies.*
http://www.aecbytes.com/viewpoint/2004/issue_4.html

Thomson, D., R. Miner 2006. *Building Information Modeling - BIM: Contractual Risks are Changing with Technology.*
http://www.aepronet.org/ge/no35.html

Tiwari, S., J. Odelson, A. Watt, A. Khanzode 2009*. Model Based Estimating to Inform Target Value Design.*
http://www.aecbytes.com/buildingthefuture/2009/ModelBasedEstimating.html

Tobin, J. 2008. *AtomicBIM: Splitting Data to Unleash BIM's Power.*
http://www.aecbytes.com/buildingthefuture/2008/atomicBIM.html

Tobin, J. 2008. *Proto-Building: To BIM is to Build.*
http://www.aecbytes.com/buildingthefuture/2008/ProtoBuilding.html

Tulika Majumdar, Martin A. Fischer2, B. R. S. 2006. *Conceptual Design Review with a Virtual Reality Mock-Up Model.*
http://bimex.wikispaces.com/file/view/Majumdar+et+al.,+2006.pdf

Tzortzopoulos, P., C. T. Formoso 1999. *Considerations on Application of Lean Construction Principles to Design Management.*
http://www.ce.berkeley.edu/~tommelein/IGLC-7/PDF/Tzortzopoulos&Formoso.pdf

Valderrama, F. 2009. *Dejad que Florezcan Mil Din-A4.*
http://descarga.soft.es/pdf/Varios/Dejad%20que%20florezcan%20mil%20DIN-A4.pdf

Valderrama, F. 2005. *Intercambio de Mediciones entre Allplan y Presto.*
http://descarga.soft.es/pdf/Varios/Allplan_Presto.pdf

Various 2009. *Autodesk University Conferences.*
http://au.autodesk.com

Vectorworks 2010. *Vectorworks 2011. What's New Brochure.*
http://download2.nemetschek.net/www_misc/2011/VW2011_whats_new_brochure.pdf

Vectorworks 2010. *Vectorworks 2011 Feature Demos.*
http://www.nemetschek.net/library/index.php?movie=2011movies

Vectorworks 2010. *Vectorworks Guides & Publications.*
http://www.nemetschek.net/training/guides.php

Vectorworks 2010. *Vectorworks 2011 Feature Demos.*
http://www.nemetschek.net/library/index.php

Vectorworks 2009. *3D Modeling in Vectorworks, Second Edition Sample.*
http://download2.nemetschek.net/www_misc/2009/vectorpress/3DModeling_sample.pdf

Vectorworks 2009. *Vectorworks 2010 Feature Demos.* http://www.nemetschek.net/library/index.php?movie=2010movies

Várkonyi, V. 2010. *Next Evolution of BIM: Open Collaborative Design Across the Board.* http://www.aecbytes.com/viewpoint/2010/issue_53.html

Whaley, M. 2009. *There is No "I" in IPD!.* http://www.aecbytes.com/viewpoint/2009/issue_45.html

Wire, B. 2002. *Autodesk to Acquire Revit Technology Corporation; Acquisition Adds Complementary Technology for Building Industry.* http://investors.autodesk.com/phoenix.zhtml?c=117861&p=irol-newsArticle&ID=261618

Wright, S. C. 2008. *Two Steps Forward, No Going Back: How Our Firm is Using Technology to Gain a Strategic Advantage.* http://www.aecbytes.com/viewpoint/2008/issue_38.html

Yessios, C. I. 2004. *Are We Forgetting Design?.* http://www.aecbytes.com/viewpoint/2004/issue_10.html

Young, N. W., S. A. Jones, H. M. Bernstein, J. E. Gudgel 2009. *The Business Value of BIM.* http://images.autodesk.com/adsk/files/final_2009_bim_smartmarket_report.pdf

Young, N. W., S. A. Jones, H. M. Bernstein 2008. *BIM. Transforming Design and Construction to Achieve Greater Industry Productivity.* http://images.autodesk.com/adsk/files/mcgraw-hill_construction_bim_smartmarket_report_december_2008.pdf.

8.2.10 LLIBRES IMPRESOS

AIA California Council, McGraw-Hill Construction 2007. *Integrated Project Delivery. A working Definition.*: AIA California Council.

Alexander, C. 1964. *Notes on the Synthesis of Form.*: Harvard University Press.

American Institute of Architects 2006. *Business of Architecture: 2006 AIA Firm Survey.*: AIA.

American Institute of Architects 2006. *Business of Architecture: 2006 AIA Firm Survey.*: AIA.

Bader, F., D. Calvanese, D. McGuinness, D. Nardi, P. Patel-Schneider 2003. *The Description Logic Handbook: Theory, Implementation, and Application.*: Cambridge University Press.

Bjork, B. 1995. *Requirements and information structures for building product models.*: VTT Technical Research Centre of Finland.

Booch, G. 1993. *Object-Oriented Analysis and Design with Applications.*: Addison-Wesley.

Braid, I. C. 1973. *Designing with Volumes.*: Cantab Press, Cambridge University.

Brandon, P. S., T. Kocatürk 2008. *Virtual Futures for Design, Construction and Procurement.*: WileyBlackwell.

Brucker, B. A., M. P. Case, E. W. East, B. K. Huston, S. D. Nachtigail, J. C. Shockley, S. C. Spangler, J. T. Wilson 2006. *Building Information Modeling (BIM): A Road map for Implementation to Support MILCON Transformation and Civil Works Proejcts within the U.S.*

Army Corps of Engineers.: US Army Corps of Engineers, Engineer Research and Development Center.

CAD 1976,1978,1980. *Proceedings of CAD76, CAD78, CAD80*.: IPC Press.

Cirbes, S. 2009. *Family Standards and Best Practices*.: Integrated Content solutions.

Coloma, E. 2006. *Introducció a la Tecnologia BIM*.: Edicions UPC.

Demkin, J. 2001. *Architect's Handbook of Professional Practice*.: John Wiley and Sons.

Department of Defense 2000. *Guidebook for Performance-Based Services Acquisition (PBSA)*.: Defense Acquisition University Press.

Ding, L., Drogemuller, R., Rosenman, M., Marchant, D. and Gero, J. 2006. *Clients Driving Construction Innovation: Moving Ideas into Practice*. Brown, Kerry, Hampson, Keith and Brandon, Peter, eds., CRC for Construction Innovation.

Dolan, T. G. 2006. *First Cost vs. Life-Cycle Costs: Don't get caught in the trap of saving now to pay later*.: School Planning and Management.

Eastman, C. 1999. *Building Product Models: Computer Environments Supporting Design and Construction*.: CRC Press.

Eastman, C. 1999. *Building Product Models: Computer Environments Supporting Design and Construction*.: CRC Press.

Eastman, C., I. His, C. Potts 1998. *Coordination in Multi-Organization Creative Design Projects. Design Computing Research Report*.: College of Architecture, Georgia Institute of Technology.

Eastman, C., R. Sacks, G. Lee 2001. *Software Specification for a Precast Concrete Design and Engineering Software Platform*.: Georgia Institute of Technology.

Eastman, C., P. Teicholz, R. Sacks, K. Liston 2008. *BIM Handbook: a Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*.: John Wiley & sons.

Elvin, G. 2007. *Integrated Practice in Architecture: Mastering Design-build, and Construction*.: John Wiley & Sons.

Finith E, J. 2008. *BIG BIM little bim: The Practical Approach to Building Information Modeling*.: Booksurge Lic..

Frampton, K., J. Cava 1996. *Studies in Tectonic Culture: The Poetics of Construction in Nineteenth and Twentieth Century Architecture*.: The MIT Press.

Renate, F. 2004. *Collaborative Design and Learning; Competence Building for Innovation.* J. Bentor et al, eds., Green Wood Publishing Group, Inc. p165.298.

Futcher, R. 2006. *The Fishbowl(tm): Degrees of Engagement in Global Teamwork*.: Springer Verlag.

GSA 2006. *GSA BIM Guide For Spatial Program Validation Version 0.90*.: United States General Services Administration.

Halaby, J. 2004. *Polyvalence and Parametrics: Parametric Modeling in Architecture Design*.: Harvard Graduate School of Design.

Hardin, B. 2009. *BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows.*: Willey Publishing Inc..

Hopp, W. J., M. L. Spearman 1996. *Factory Physics.*: Irwin.

Kalay, Y. 1989. *Modeling Objects and Environments.*: John Wiley & Sons.

de Kerckhove, D. 2001. *The Architecture of Intelligence (The Information Technology Revolution in Architecture).*: Birkhäuser.

Khemlani, L. 2007. *Top Criteria for BIM Solutions.*: Bentley.

Kieran, S., J. Timberlake 2003. *Refabricating Architecture: How Manufacturing Methodologies are Poised to Transform Building Construction.*: McGraw-Hill Professional.

Kolarevic, B. 2005. *Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing.*: Taylor & Francis.

Krygiel, E., B. Nies 2008. *Green BIM: Successful Sustainable Design with Building Information Modeling.*: Willey Publishing Inc..

Kymmell, W. 2008. *Building Information Modeling: planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulations.*: McGraw-Hill Professional.

Levy, S. M. 2006. *Design-Build Project Delivery: Managing the Building Process from Proposal Throught Construction.*: McGraw-Hill Professional.

Lichtig, W. A., V. E. Sanvido, M. D. Konchar 1999. *Selecting Project Delivery Systems. Comparing Design-Build, Design-Bid-Build and Construction Management at Risk.*: State College, Project Delivery intitute.

Mitchell, J., H. Schevers 2005. *Building Information Modelling for FM at Sydney Opera House.*: CRC Construction Innovation.

Mitchell, W. J. 1978. *Computer Aided Architectural Design.*: Van Nostrand Reinhold Company.

Mitchell, W. J., M. McCullough 1994. *Digital Design Media.*: John Wiley & Sons.

Molinos, R. 2007. *Arquitectura Paramétrica Orientada a Proceso.*: Fundación Rafael Escolá.

Monedero, J. 2007. *Diseño Paramétrico 3D. Ejemplos desarrollados con ADT.*: Edicions UPC.

Monedero, J. 1999. *Aplicaciones Informáticas en Arquitectura.*: Edicions UPC.

Newton, P., K. Hampson, R. Drogemuller 2009. *Technology, Design and Process Innovation in the Built Enviroment.*: Taylor & Francis.

Oosterhuis, K. 2003. *Hyperbodies.*: Birkhäuser.

Pottmann, H., A. Asperl, M. Hofer, A. Kilian 2007. *Architectural Geometry.*: Bentley Institute Pess.

Ramsey, G., H. Sleeper 2000. *Architectural Graphic Standards.*: John Wiley & Sons.

Robbins, E. 1994. *Why Architects Draw.*: MIT Press.

Roodman, D. M., N. Lenssen, J. A. Peterson 1995. *A Building Revolution: How Ecology and Health Concerns Are Transforming Construction.*: Worldwatch Institute.

Sakamoto, T., A. Ferre, M. Kubo 2008. *From Control to Design.*: Actar.

Sanvido, V., M. Konchar 1999. *Selecting Project Delivery Systems, Comparing Design-Build, Design-Bid-Build, and Construction Management at Risk*.: Project Delivery Institute, State College.

Schenck, D. A., P. R. Wilson 1994. *Information Modeling the EXPRESS Way*.: Oxford University Press.

Schodek, D., M. Bechthold, K. Griggsa, K. M. Kao, M. Steinberg 2005. *Digital Design and Manufacturing, CAD/CAM Applicatons in Architecture and Design*.: John Wiley & Sons.

Smith, D. K., M. Tardif 2009. *Building Information Modeling: A Strategic Implementation Guide for Architects, Engineers, Constructors, and Real Estate Asset Managers*.: John Wiley & Sons.

U.S. Department of Energy (DOE), I. P. Public Technology (1996) 1996. *The Sustainable Building Technical Manual: Green Building Design, Construction, and Operations*.: U.S. Department of Energy.

USDOT Federal Highway Administration 2006. *Design-Build Effectiveness Study*.: USDOT Final Report.

Wang, X., M. A. Schnabel 2008. *Mixed Reality in Architecture*.: Springer.

Warne, T., J. Beard 2005. *Project Delivery Systems: Owner's Manual*.: American Council of Engineering Companies.

Womack, J. P., D. T. Jones 2003. *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*.: Simon & Schuster.

8.2.11 CONFERÈNCIES

Ashcraft, H. W. J. 2007. *Building Information Modeling: A Great Idea in Conflict with Traditional Concepts of Insurance, Liability, and Professional Responsibility*. Conferència presentada al congrés Schinnerer's 45th Annual Meeting of Invited Attorneys.

Coloma, E. 2008. *Aplicaciones BIM para el Diseño Arquitectónico*. Conferència presentada al congrés XII Congreso Internacional de Expressión Gráfica Arquitectónica.

Court, P., C. Pasquire, A. Gibb, D. Bower 2006. *Design of a Lean and Agile Construction System for a Large and Complex Mechanical and Electrical Project*. Conferència presentada al congrés 14th Conference of the International Group for Lean Construction.

Dunwell, S. 2007*. Linking Front and Back Offices: The ERP Vendor's Perspective*. Conferència presentada al congrés buildingSMART 2007: The New Business Model for Design, Construction and Facilities Management.

Eastman, C. M., R. S., G. Lee 2002. *Strategies for Realizing the Benefits of 3D Integrated Modeling of Buildings for the AEC Industry*. Conferència presentada al congrés ISARC - 19th International Symposium on Automation and Robotics in Construction.

Jackson, S. 2002. *Project cost overruns and risk management*. Conferència presentada al congrés 18th Annual ARCOM Conference.

Khemlani, L., Y. Kalay 1997. *Integrated Computing Environment for Collaborative, Multi-Disciplinary Building Design*. Conferència presentada al congrés CAAD Futures 97.

Khemlani, L., A. Timerman, Beatrice Benne, Y. Kalay 1997. *Semantically Rich Building Representation.* Conferència presentada al congrés ACADIA 97.

Koerckel, A., G. Ballard 2005. *Return on Investment in Construction Innovation - A Lean Construction Case Study.* Conferència presentada al congrés 14th Conference of the International Group for Lean Construction.

Liston, K., J. Kunz, M. Fischer 2000. *Requirements and benefits of interactive information workspaces in construction.* Conferència presentada al congrés Eight International Conference on Computing in Civil and Building Engineering (ICCCBE-VIII).

Madrazo, L., Álvaro Sicília, D. Pascual 2006. *Bar Code Housing System: Towards An Integrated Environment To Support The Design And Construction Of Housing Blocks*. Conferència presentada al congrés ECPPM 2006.

McKinney, K., J. Kim, M. Fischer, C. Howard 1996. *Interactive 4D-CAD*. Conferència presentada al congrés Third Congress on Computing in Civil Engineering.

Pasquire, C., R. Soar, A. Gibb 2006. *Beyond Pre-Fabrication - The Potential of Next Generation Technologies to Make a Step Change in Construction Manufacturing*. Conferència presentada al congrés 14th Conference of the International Group for Lean Construction.

Schwegler, B., M. Fischer, K. Liston 2000. *New Information Technology Tools Enable Productivity Improvements*. Conferència presentada al congrés North American Steel Construction Conference.

Smoot, B. 2007. *Building Acquisition and Ownership Costs*. Conferència presentada al congrés CIB Workshop 2007.

You, S.-J., D. Yang, C. Eastman 2004. *Relational DB Implementation of Step Based Product Model, Cib T6s7 Information Technology in Construction*. Conferència presentada al congrés CIB International Congress.

8.2.12 ARTICLES EN REVISTES IMPRESES

Akinci, B., C. G. F. Boukamp, D. Huber, C. Lyons, K. Park 2006. *A formalism for utilization of sensor systems and integrated project models for active construction quality control*. Automation in Construction 15 (2): 124-138.

Akintoye, A., E. Fitzgerald 2000. *A survey of current cost estimating practices in the UK.* Construction Management & Economics 18 (2): 161-172.

Allplannews 2008. *Interview with Jerry Laiserin*. Allplannews: 1-8.

Anderl, R., R. Mendgen 1996. *Modelling with constraints: theoretical foundation and application*. Computer-Aided Design 28 (3): 155-168.

Baer, A., C. E., M. Henrion 1979. *Geometrical modeling: A survey*. Computer-Aided Design 11 (5): 253-272.

Barak, R., Y.-K. Jeong, C. Eastman 2007. *Unique Requirements of BIM for Cast-in-place Reinforced Concrete.* ASCE Workshop on Computing in Civil Engineering: -.

Bijl, A., G. Shawcross 1975. *Housing site layout system*. Computer-Aided Design.

Bo-Christer Björk, M. L. 2010. *CAD standardisation in the construction industry — A process view*. Automation in Construction 19 (4): 398-406.

Chan, A., D. Scott, E. Lam 2002. *Framework of Success Criteria for Design/Build Projects.* Journal of Computing in Civil Engineering 18 (3): 120-128.

Crowley, A. 2003. *CIS/2 Interactive at NASCC*. New Steel Construction 11 (10).

Debella, D., R. Ries 2006. *Construction Delivery Systems: A Comparative Analysis of Their Performance within School Districts.* Journal of Construction Engineering and Management 132 (11): 1131-1138.

Debella, D., R. Ries 2006. *Construction Delivery Systems: A Comparative Analysis of Their Performance within School Districts*. Journal of Construction Engineering and Management 13 (11): 1131-1138.

Eastman, C. 1993. *Conceptual Modeling in Design*. Fundamental Developments in Computer-Aided Geometric Modeling: 185-202.

Eastman, C. 1975. *The Use of Computers Instead of Drawings In Building Design*. Journal of the American Institute of Architects March (1): 45-50.

Eastman, C. 1192. *Modeling of buildings: evolution and concepts*. Automation in Construction 1 (1): 99-109.

Eastman, C., Y.-S. Jeong, R. Sacks, I.Kaner 2010. *Exchange Model and Exchange Object Concepts for Implementation of National BIM Standards*. Journal of Computing in Civil Engineering 24: 25.34.

Eastman, C., J. kook Lee, H. Sheward, P. Sanguinetti, Y. suk Jeong, J. Lee, S. Abdelmohsen 2009. *Automated Assessment of Early Concept Designs*. Architectural Design: 52-57.

Eastman, C., R. Sacks, Y.-S. Jeong, I. Kaner 2007. *Building Information Modeling (BIM) for Precast Concrete.* National Institute of Building Sciences: 212.

Eastman, C., R. Sacks, G. Lee 2003. *Development and Implementation of Advanced IT in the North American Precast Concrete Industry.* ITcon -Electronic Journal of Information Technology in Construction 8 (1): 247-262.

Eastman, C., L. G., R. Sacks 2002. *Deriving a Product Model from Process Models*. Concurrent Engineering.

Ergen, E., B. Akinci, R. Sacks 2007. *Tracking and Locating Components in a Precast Storage Yard Utilizing Radio Frequency Identification Technology and GPS*. Automation in Construction 16 (1): 354-367.

Gaddie, S. 2003. *Enterprise programme management: Connecting strategic planning to project delivery.* Journal of Facilities Management 2 (2): 177-191.

Grilo, A, R. Jardim-Goncalves 2005. *Analysis On The Development of e-Platforms In The AEC Sector*. International Journal of Internet and Enterprise Management 3 (2): 187-18.

Hodges, C., W. W. Elvey 2005. *Making the Business Case For Sustainability: It's Not Just About Getting Points.* Facilities Manager 21 (4): 50-53.

Ibbs, C. W., Y. H. Kwak, T. Ng, A. M. Odabasi 2003. *Project delivery systems and project change: Quantitative analysis.* Journal of Construction Engineering and Management 129 (4): 382-387.

Jeng, T.-S., C. Eastman 1998. *Database Architecture for Design Collaboration*. Automation in Construction: 475-484.

Khemlani, L., A. Timerman, Beatrice Benne, Y. Kalay 1998. *Intelligent Representation for Computer-Aided Building Design.* Automation in Construction 8 (1).

Konchar, M., V. Sanvido 1998. *Comparison of U.S. Project Delivery Systems*. Journal of Construction Engineering and Management 124 (6): 435-444.

Koo, B., M. Fischer 2000. *Feasibility Study of 4D CAD in Commercial Construction*. Journal of Construction Engineering and Management 126 (5): 251-260.

Lee, G., C. Eastman 2007. T*welve Design Patterns for Integrating and Normalizing Product Model Schemas*. Comp-Aided Civil and Infrastructure Engr.: 153-171.

Lichtig, W. A. 2006. *The Integrated Agreement for Lean Project Delivery*. Construction Lawyer 26 (3).

Lipman, R. R. 2004. *Mobile 3D visualization for steel structures*. Automation in Construction 3 (1): 119-125.

Liston, K., M. Fischer, T. Winograd 2001. *Focused Sharing of Information for Multidisciplinary Decision Making by Project Teams*. ITCon (Electronic Journal of Information Technology in Construction 6: 69-81.

Ma, Z., Q. Shen, J. Zhang 2005. *Application of 4D for Dynamic Site Layout And Management of Construction Projects*. Automation in Construction 14 (3): 369-381.

Marcos, C. L. 2010. *Algoritmos, Formalidad y Abstracción Parametrizada*. EGA 15 (1): 94-101.

McKinney, K., M. Fischer 1998. *Generating, evaluating and visualizing construction schedules with 4D-CAD tools.* Automation in Construction 7 (6): 433-447.

Monedero, J. 2010. *La Forma Como Molde.* La Forma Como Proceso. EGA 16 (1): 62-69.

Oberlender, G., S. Trost 2001. *Predicting Accuracy Of Early Cost Estimates Based On Estimate Quality*. Journal of Construction Engineering and Management 127 (3): 173-182.

Rafael Sacks, Israel Kaner, C. M. E. Y.-S. J. 2010. *The Rosewood experiment — Building information modeling and interoperability for architectural precast facades*. Automation in Construction 19 (6): 419-432.

Redondo, E. 2010. *Un Caso de Estudiio de Investigación Aplicada. La Recuperación de la Trama Viaria del Barrio Judío de Girona Mediante Realidad Aumentada*. EGA 16 (1): 70-81.

Reinoso, J. F., C. Leon 2010. *La Fusión de imágenes de Teledetección: Una Ayuda para la Interpretación de Entornos Urbanos*. EGA 15 (1): 182-189.

Requicha, A. 1980. *Representations of Rigid Solids: Theory, Methods And Systems*. ACM Computer Survey 12 (4): 437-466.

Ricardo Jardim-Goncalves, A. G. 2010. *Building information modeling and interoperability*. Automation in Construction 19 (2): 387.

Roe, A. 2006. *The Fourth Dimension is Time*. Steel 15.

Sacks, R. 2004. *Evaluation of the economic impact of computer-integration in precast concrete construction*. Journal of Computing in Civil Engineering 18 (4): 301-312.

Sacks, R., R. Barak 2007. *Impact of Three-dimensional Parametric Modeling of Buildings on Productivity in Structural Engineering Practice*. Automation in Construction 17 (4): 439-449.

Sacks, R., C. Eastman, G. Lee 2003. *Process Improvements in Precast Concrete Construction Using Top-Down Parametric 3-D Computer-Modeling*. Journal of the Precast/Prestressed Concrete Institute 48 (3): 46-55.

Sacks, R., C. Eastman, G. Lee, D. Orndorff 2005. *A Target Benchmark of the Impact of Three-Dimensional Parametric Modeling in Precast Construction*. Journal of the Precast/Prestressed Concrete Institute 50 (4): 126-139..

Sawyer, T. 2006. *Early Adopters Find the Best Models Are Digital Virtuosos*. Engineering News Record 02.

Sheppard, L. M. 2004. *Virtual Building for Construction Projects*. IEEE Computer Graphics and Applications 6 (12).

Teicholz, E. 2004. *Bridging the AEC/FM Technology Gap.* IFMA Facility Management Journal Apr./Mar.

Thomas, H. R., C. Korte, V. E. Sanvido, M. K. 1999. *Conceptual Model for Measuring Productivity of Design and Engineering*. Journal of Architectural Engineering 5 (1): 1-7.

Thomas, H. R., C. Korte, V. E. Sanvido, M. K. Parfitt 1999. *Conceptual Model for Measuring Productivity of Design and Engineering.* Journal of Architectural Engineering, 5 (1): 1-7.

Tulacz, G. J. 2006. *The Top Owners*. Engineering News Record 27.

Yang, D., C. Eastman 2007. *A Rule-based Subset Generation Method for Product Data Models*. Comp-Aided Civil and Infrastructure Engr.: 133-148.

8.2.13 TESIS

Bruscato Portella, U. 2006. *De lo Digital en Arquitectura*. Tesi Doctoral, UPC, Expressió Gràfica Arquitectònica I.

Chaur Bernal, J. 2005. *Diseño Conceptual de Productos Asistido por Ordenador: Un Estudio Analítico Sobre Aplicaciones y Definición de la Estructura Básica de un Nuevo Programa*. Tesi Doctoral, UPC, Projectes D'enginyeria.

Crespo Cabillo, I. 2005. *Control Gráfico de Formas y Superficies de Transición*. Tesi Doctoral, UPC, Expressió Gràfica Arquitectònica I.

Esteve Taboada, J. J. 2002. *Procesado de Imágenes por Técnicas de Multiplexado. Aplicación Al Reconocimiento de Objetos Tridimensionales*. Tesi Doctoral, UV, Óptica.

Girona Turell, S. 2003. *Performance Prediction and Evaluation Tools*. Tesi Doctoral, UPC, Arquitectura de Computadors.

Johnston, G. B. 2006. *Drafting culture: a social history of Architectural graphic standards*. Tesi Doctoral, Emory University.

Luengo González, F. A. 2005. *Nuevas Técnicas Para la Animación del Comportamiento de Agentes Virtuales Autónomos*. Tesi Doctoral, UC, Matemática Aplicada y Ciencias de la Computación.

Molleda Meré, J. 2008. *Técnicas de Visión por Computador Para la Reconstrucción En Tiempo Real de la Forma 3D de Productos Laminados*. Tesi Doctoral, UOV, Informática.

Monreal, A. 2001. *Modelització de Corbes i Superfícies amb Aplicacions al Disseny Geomètric Assistit per Ordinador i a l'Arquitectura*. Tesi Doctoral, UPC, Facultat De Matemàtiques I Estadística.

Nicosevici, T. M. 2009. *Efficient 3D Scene Modeling and Mosaicing*. Tesi Doctoral, UdG, ATC Arquitectura i Tecnologia de Computadors.

Piquer Vicent, A. 2003. *Percepción Artificial de Dibujos Lineales*. Tesi Doctoral, UJI, Departament de Tecnologia.

Serrallonga Gasch, J. 2003. *Geometria i Mecànica en els Models de Gaudi*. Tesi Doctoral, UPC, Estructures a l'Arquitectura.

Sese Muniategui, F. 2007. *Propuesta de un Método de Validación de Esquemas Conceptuales y Análisis Comparativo de la Noción de Información en los Métodos de Desarrollo de Sistemas De Información*. Tesi Doctoral, URL, ESADE-BS - Política d'Empresa, Direcció de Recursos Humans i Sistemes d'Informació.

Still, K. 2002. *Crowd Dynamics*. Tesi Doctoral, University of Warwick, Department of Mathematics.

Yaski, Y. 1981. *A Consistent Database for an Integrated CAAD System*. Tesi Doctoral, Carnegie Mellon University.

8.3 ÍNDEX

Abstracció 159
Accés a fitxers 92
Accés a memòria 92
Acord Bentley - Autodesk..... 96
Actitud correcta 416
AecXML..... 97
Altres vies de recerca 443
Àmbits del disseny 155
Ampliar la visió de l'alumnat..... 427
Anàlisi..... 59
API de programació 418
Aplicació a cente d'emergències a Reus 401
Aplicació a Heron City..... 399
Aplicació a nou mercat dels encants 403
Aplicacions BIM.....19, 79, 201, 208
Aplicacions BIM Implementades 19, 206
Aplicacions BIM Natives 19, 206
Aplicacions BIM, definició..... 80
Aplicacions BIM, futur.....223, 439
Aplicacions BIM, història 202
Aplicacions BIM, tipus..... 205
ArchiCAD, anàlisi..... 309
ArchiCAD, gestió del projecte 315
ArchiCAD, introducció a l'anàlisi..... 311
ArchiCAD, modelat de la informació..... 349
ArchiCAD, organització espacial..... 321
ArchiCAD, punts clau..... 379
ArchiCAD, visualització 327
Arquitectes, lideratge 52
Arquitectes, mala imatge 46
Artesanal, disseny i execució..... 46
Assistent BIM 188
Assitent BIM 129
Atributs..... 84
AutoCAD Architecture..... 210
B720..... 396
Baixa definició del producte 38
BARCODE House System 64
Base de dades 17
BEM libraries 163
Bentley Architecture 211
Big Room 191
BIM Delivery..... 117
BIM en els col·legis professionals 429
BIM en la docència reglada 423
BIM en l'administració 429
BIM Manager.....187, 391
BIM Multidisciplinar 94
BIM multivista..... 104
BIM paramètric..... 81
BIM per al disseny analític 163, 164
BIM per al disseny arquitectònic....143, 155
BIM per al disseny descriptiu..... 166
BIM per al disseny empíric 163
BIM per al disseny intuitiu 159
BIM, flexibilitat d'edició 129
BIM, futur 431
BIM, història del terme..... 75
Boletín de la Construcción 166
Building Model Repositories 100
BuildingSMART 99, 437
CAD BIM..... 152
CAD Literal.....17, 149
CAD Manager 44, 56, 187, 391
CAD Paramètric 149, 152
CAD-CAM 112
Capacitat de reacció.....42, 45
Captura del conneixement 90, 91
Captura del conneixement en les eines. 425
Casos d'aplicació..... 399
Casos de formació 405
Casos d'èxit a Espanya 432
Casos d'implementació 391
Categories, Famílies, Tipus i Exemplars... 86
Cicle de vida de l'edifici 38, 119
CIS/2.....96, 98
Codificació estàndard 102
Col·laboració consecutiva 94
Col·laboració dissenyadors - industrials. 190
Col·laboració paral·lela 94
Comunicació deficient 40, 41
Comunicació eficient 54
Comunicació, beneficis 54
Conclusions finals 409
Conclusions sobre casos d'aplicació 418
Conclusions sobre les anàlisis 414
Conclusions sobre la formació..... 420
Conclusions sobre la Tecnologia BIM 411
Conclusions sobre les implementacions. 416
Conclusions sobre l'estudi de casos 416
Concursos 417, 430
Condicions per a l'anàlisi 165
Confiança..... 58
Conneixement, captura 90
Connexions directes 96
Construcció Eficient.....167, 200
Construir l'equip de treball..... 186
Context actual 37
Context d'investigació 15
Contractació no participativa..... 47
Contractació participativa 66
Control, augment..... 58
Control, manca 42
Control, principis..... 43
Controls jerarquitzats 93
Coordinar assignatures..... 423
Corenet 100
Costos, control 165

Creativitat i BIM 160
Cronologia de la recerca....27
CTE.... 392, 418
Currículum docent 27
Dades d'addició manual 102
Dades per a la codificació estàndard 102
Dades predefinides en llibreries 102
Desconfiança 37
Desenvolupament parcel·lat 41, 45
Design to Cost 166
Detecció dels canvis....103
Dibuix manual....148
Dificultats de connexió....95
Digital Project 217
Direcció d'obra 178
Direct Digital Exchange 112, 440
Discretitzar 53
Disseny - Col·laboració.... 66, 67, 69
Disseny - Construcció....66, 69
Disseny - Licitació - Construcció.. 48, 66, 68
Disseny evolutiu 63
Disseny vers prestacions 129, 164
Disseny vers restriccions 64, 128
Divulgació de la Tecnologa BIM 431
Docència dinàmica....424
Docència vers objectius....424
Documentació, viure en la....104
Dprofiler 166
DXF....97
Eines BIM 19, 79, 131, 217
Eines BIM, futur 439
Eines per a la gestió del projecte 222
Eines per a la portabilitat 222
Eines per a la simulació visual....222
Eines per a l'anàlisi de costos 220
Eines per a l'anàlisi energètica 220
Eines per a l'anàlisi espacial....220
Eines per al càlcul d'instal·lacions....221
Eines per al càlcul estructural 221
Eines per al disseny - construcció....222
Eines per al disseny detallat 220
Eines per al disseny formal....218
Eines per al disseny funcional 219
Eines per al disseny paramètric....219
Enmagatzematge de la informació 92
Entrega 117
Escalabilitat del projecte 92
Escala de visualització....113
Especialització en modelat paramètric ...184
Estructura de la tesi....31
Estructuració de la documentació....25
Estudi de casos 389
EuroSTEP Model Server....101
EuroSTEP SABLE server 101
Execució industrialitzada 63
Executors de l'obra 66
Exemplar 86
Expectatives, gestió.... 181
Exportació en format literal 115
Express 97
Expressió gràfica 426
Extensions CAD.... 418
Família 86
Família allotjada....89
Família amfitriona 88
Família d'anotació 90
Família de component 87
Família de delineació 90
Família de model....90
Família de referència 88, 90
Família de sistema....87
Família de vista 90
Família in-situ 88
Família niada 89
Famílies segons grau de dependència 88
Famílies segons grau de personalització ..87
Famílies segons la seva funció....90
Fase d'Execució.... 48, 67
Fase d'Explotació 48, 68
Fase de Disseny Conceptual.... 67, 123, 418
Fase de Disseny Detallat.... 67, 127
Fase de Documentació.... 67, 132
Fase de Licitació i Legalització ...47, 67, 135
Fase de Projecte Bàsic....47
Fase de Projecte Executiu 47
Fase de Promoció....47, 67, 123
Fase de Reciclatge 48, 68, 141
Fase d'Execució.... 138
Fase d'Explotació 140
FIBECD 437
Figura professional 187
Fonts consultades 26
Formació a Màster CVA.... 405
Formació conceptual.... 420
Formació de 25h a la Salle 406
Formació instrumental, baixa 49
Formació instrumental, especialitzada 70
Formacio intensiva 407
Formats d'intercanvi en XML 97
Formats de publicació portàtils 103
Formats d'intercanvi 96
Formats d'intercanvi propietaris....96
Formats d'intercanvi públics 96
gbXML....97
Gestió de l'edifici 79
Gestió de les eines 195
Gestió de les expectatives....181, 411
GISA 430
Glossari 455
Graphisoft ArchiCAD 213
Grasshopper 435
Història del BIM 75, 202

Honoraris, redistribució..... 197
IFC 96
IFC, cobertura 98
IFC, descripció..... 97
IFC, format BIM universal 98
IFC, seguiment 445
IFC, suport a 100
IFC, traducció a 98
IFC, vistes 99
IGES 97
Implementació a B720..... 396
Implementació a Capella - García 391
Implementació a IDOM..... 393
Implementar el BIM 191
Implementar Tecnologia BIM 181
Incorporar personal..... 189
Informació coherent..... 78
Informació compartida 102
Informació computable..... 78
Informació coordinada..... 77
Informació fiable..... 52
Informació poc fiable..... 38
Informació, aprofitament 119
Informació, desenvolupament 159
Informació, gestió deficient..... 40
Informacio, incrustració..... 437
Informació, interpretació 41
Instal·lacions, coordinació..... 167
Institucionalització del BIM 423
Integració 159, 172
Integració Disseny - Construcció 172
Integrar els col·laboradors..... 190
Intelligent Product Specs 437
Interactiu, model 82
Interactiu, procés..... 44, 128
Intercanviadors BIM 100
Intercanviadors BIM, avantatges 101
Intercanviadors BIM, productes..... 101
Interferències entre sistemes 78
Interoperabilitat..... 57, 93, 103
Interrelació paramètrica 16
Introducció a la Tesi..... 13
Itec 437
Jotne EDM Model Server..... 101
Lean Construction 167, 200
Legalització 137
Lider 392
LKSoft IDA STEP Database 101
Llibreries BIM 163
Llibreries BIM, requisits 163
Lliurable BIM 117
LOD 125
Masterformat..... 168
Material obtingut..... 27
Metodologia de treball 23
Migrar unànimament 188
Model Conceptual 67
Model Constructiu 67
Model d'Estat Actual..... 68
Model d'Execució 67
Model d'Explotació 68
Model de Fabricació 67
Model de Licitació 67
Model de Promoció 67
Model Detallat 67
Model d'informació..... 53
Model literal 39
Model Progression Specification 125
Model, definició 15, 39
Modelador BIM 187
Modelat de la informació 16
Modelat dinàmic 450
Modelat directe..... 448
Modelat exigent..... 184
Modelat literal 44
NBIMS 99, 437
Nemetschek Allplan..... 214
Nivell de detall conceptual 110
Nivell de detall constructiu..... 111
Nivell de detall de disseny 111
Nivell de detall de fabricació 112
Nivell de detall explícit..... 113
Nivell de detall implícit 110
Nivell de detall vertical i horitzontal 113
Només una vegada 106
Normatives, verificació 429
Nous perfils professionals 441
Noves figures professionals 187
Objectes BIM..... 163
Objectes d'informació..... 91
Objectes literals..... 90
Objectes paramètrics 91
Objectes preconfigurats..... 61
Obsolescència de la tesi 29
Omniclass 168
Oracle Collaborative BIM 101
Originalitat del treball..... 20
Paràmetres 84
Paràmetres d'exemplar..... 86
Paramètric per a arquitectes 152
Parametrització..... 16, 145
Perfil professional 187
Planificació..... 60
Planificació del modelat. 125, 129, 135, 138
Planificació del modelat, procés 192
Planificació, deficiències 43
PLM 102
Pràctica Integrada 19, 51
Pràctica Integrada i Tecnologia BIM 411
Pràctica Integrada, principis..... 52
Presto..... 392
Problemàtiques comunes..... 37

Procés no lineal 61
Processos finals 94
Processos interactius 44, 61
Processos paral·lels 94
Processos poc interactius 44
Producció industrial 65, 72
Producte BIM 107, 117
Productes personalitzats 436
Productivitat, baixa 50
Productivitat, millora 71
Projectes vers al client 62
Projectes vers al disseny 45
Propietats, paràmetres i atributs 84
Prototipus Digital 54, 131
Publicació de vistes 115
Realitat Virtual 145
Redistribució dels honoraris 197
Referències 463
Reflexions sobre l'aprés 411
Representació 15
Representació d'informació 53, 58
Representació literal .. 39, 53, 145, 149, 461
Representació literal, compatibilitat 115
Representació paramètrica 53, 58, 145, 461
Representació polifacètica 58
Representacions no connectades 15
Responsabilitat compartida 174, 190
Retorn de la inversió 195, 417
Revit, anàlisi 227
Revit, gestió del projecte 233
Revit, introducció a l'anàlisi 229
Revit, modelat de la informació 271
Revit, organització espacial 241
Revit, punts clau 299
Revit, visualitzacio 251
Risc, control 71, 131
Risc, predominança 51
ROI 195
Servidor BIM 318
Simulació 59, 91
Solibri model checker 102
STEP 97
Tecnologia BIM 35, 75
Tecnologia BIM, abast 411
Tecnologia BIM, conceptes bàsics 77
Tecnologia BIM, definició 17, 77
Tendècies actuals entorn del BIM 431
Terminologia 24
TIC 424
Tipus 86
Uniformat 168
Vectorworks Architect 212
Vinculació de la informació 93
Vinculació de l'autor amb el tema 21
Vistes per concursos 417
Visualització, estratègies bàsiques 108
Visualtització de l'evolució del disseny 114
Voluntat de canvi 432